

CREAMを適用したDP船の事故分析手法に関する研究

著者	片倉 広暁
学位名	修士(工学)
学位授与機関	東京海洋大学
学位授与年度	2020
URL	http://id.nii.ac.jp/1342/00002083/

修士学位論文

CREAM を適用した DP 船の事故分析手法に関する研究

2020 年度

(2021 年 3 月)

東京海洋大学大学院

海洋科学技術研究科

海運ロジスティクス専攻

片倉 広暁

修士学位論文

CREAM を適用した DP 船の事故分析手法に関する研究

2020 年度

(2021 年 3 月)

東京海洋大学大学院

海洋科学技術研究科

海運ロジスティクス専攻

片倉 広暁

Glossary

CREAM	Cognitive Reliability and Educational Methodology
CTD	Conductivity Temperature Depth
DARPS	Differential Absolute and Relative Positioning Sensor
DGNSS	Differential Global Navigation Satellite System
DP	Dynamic Positioning
DPO	Dynamic Positioning Operator
DPS	Dynamic Positioning System
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
FPSO	Floating Production Storage and Offtake
FRAM	Functional Resonance Analysis Method
ETO	Electro Technical Officer
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
HFACS	Human Factor Analysis and Classification System
HMI	Human Machine Interface
HPR	Hydroacoustic Positioning Reference System
ITC	Insufficient Testing Commissioning
IMCA	International Marine Contractors Association
IMO	International Marine Organization
LOP	Loss of position
MMI	Man-Machine Interface
MODU	Mobile Offshore Drilling Units
MRU	Motion Reference Unit
OIM	Offshore Installation Manager
OAS	Offshore Access System
PMS	Power Management System
PRS	Position Reference System
RADius	Relative Azimuth and Distance
ROV	Remotely operated vehicle
SBAS	Satellite based augmentation system
SDPO	Senior dynamic positioning operator
TMS	Tether Management System
UPS	Uninterruptible Power Supply
VRS	Vertical reference system
WSOG	Well Specific Operating Guidelines

目次

Abstract	1
第1章 はじめに	2
1. 本研究における背景	2
1.1 序論	2
1.2 DP 船における海難発生件数の推移	3
1.3 本研究の目的と構成	4
第2章 近年における DP 船の海難発生状況とヒューマンファクターのモデル	5
2.1 DP 船における海難の要因	5
2.2 ヒューマンファクターと事故の形態モデル	5
2.2.1 ヒューマンファクターとヒューマンエラー	5
2.2.2 ヒューマンファクターのモデル	6
2.2.3 事故の形態モデル	9
2.3 IMCA 報告書	13
2.4 結語	15
第3章 DPS (Dynamic Positioning System)	16
3.1 DPS とは	16
3.2 DPO とは	17
3.3 DP class について	18
3.3.1 DP class1	20
3.3.2 DP class2	21
3.3.3 DP class3	23
3.3.4 DP class1～class3 の構成図	24
3.3.5 IMO で定めた class 別の冗長性の数	24
3.4 DP 船による事故統計	26
3.4.1 DP 船における海難	26
3.4.2 DPS を操船していた平均時間	29
3.4.3 DPS の機能にある自動操船のみを操船していた平均時間	31
3.4.4 DPS が故障していた平均時間	31

3.4.5 深海で発生した DP 操船における海難件数	32
3.4.6 年別における DPS の海難種類別（1 位～3 位）	32
3.5 Redundancy（冗長性）とは	33
3.5.1 PMS	33
3.5.2 スラスター	34
3.5.3 PRS	34
3.5.3.1 GPS、GNSS	34
3.5.3.2 HPR	35
3.5.3.3 Taut-wire	36
3.5.3.4 Artemis	36
3.5.3.5 Laser system	37
3.5.3.6 RADius	37
3.5.4 DP 船のセンサー（Wind sensor、Gyro、Vertical Reference System）	38
3.5.4.1 Gyro	38
3.5.4.2 Motion Reference Unit（MRU）、Vertical Reference System（VRS）....	38
3.5.4.3 Wind sensor	39
3.5.4.4 Differential Absolute and Relative Position Sensor（DARPS）.....	40
3.6 冗長性と事故の関係	40
3.7 結語	41
第 4 章 CREAM を用いた DPO の認知行動分析	42
4.1 DP 船における海難要因分析手法	42
4.1.1 CREAM（Cognitive Reliability and Error Analysis Method）の特徴	42
4.1.2 CPC（Common Performance Condition）	43
4.1.3 商船分野での応用例	43
4.1.4 DP 船における海難分析に特化した CPC の検討	43
4.1.5 DP 船の海難要因を修正した 9 種類の CPC と各評価項目及び細目	46
4.1.6 DP 船における海難時系列	50
4.2 スクリーニング手法（screening methods）	51

4.2.1 スクリーニング手法の目的	51
4.2.2 タスクを整理するための事故時系列の構築	53
4.2.3 修正した9種類のCPCの検証	53
4.2.4 4つの制御モデル	55
4.2.5 4つの制御モデル判定	56
4.3 DP船の海難分析手法の考察	58
4.4 DP0の認知行動分析	59
4.4.1 海難分析	59
4.4.2 海難分析結果	59
4.4.3 考察	65
4.5 結語	66
第5章 結論	67
5.1 本研究のまとめ	67
5.2 今後の研究課題	69
参考文献	178
謝辞	180
付録	181

Abstract

In this paper, we analyzed accidents using CPC (Common Performance Condition) which was inputted into as a part of the CREAM (Cognitive Reliability and Error Analysis Method), which is an analysis method in the nuclear field for the purpose of reducing human error.

Since CPC encoded into CREAM is not specialized for accidents on DP (Dynamic Positioning) vessels, it was necessary to modify CPC and reduced it into CREAM so that it was specialized for accidents on DP vessels. I created a check sheet for the analysis of accidents on DP vessels based on human error, and then used it to examine cases of accidents on DP vessels using the CREAM.

While maneuvering the DPS (Dynamic Positioning System), I clarified what the DPO (Dynamic Positioning Operator) worked the task and what he/she did not work it during the accident, and considered safety measures. An evaluation was conducted by CREAM on 54 different cases of accidents on DP vessels from 2015 to 2018.

第1章 はじめに

1. 本研究における背景

1.1 序論

近年の海運に関わる船舶の海難の原因の80～90%は操船者の行動特性すなわち、ヒューマンファクターであるとされている¹⁾。しかし、海難を引き起こすヒューマンファクターの先行研究では²⁾³⁾、事故を引き起こした責任を単に船舶運航者に課すのではなく、海技者の専門的知識に基づき、ヒューマンエラーによって引き起こされた事故の原因を分析し、ヒューマンエラーの発生を防ぐとともに、エラーが事故に発展しない対策を検討することの必要性が主張されている¹⁾。オフショア分野における技術開発において、安全性の向上は重要なテーマである。図 1.1 は IMCA(International Marine Contractors Association, 国際海洋請負業者協会; IMCA) 報告書⁴⁾で報告されている、2000 年から 2018 年までの DP 船で発生した海難の推移を示している。DP 船(Dynamic Positioning, 自動船位保持; DP)は主に海洋開発で使用されており、掘削、深海調査等の作業で活躍している船である。図 1.1 から、2000 年から 2018 年にかけて事故発生件数が上下に変動しながら増加していることが分かる。図 1.1 の推移の目的は、DP 船で発生した海難の原因を明確にする必要がある。オフショアの事故について言えば、IMCA⁴⁾では、主にヨーロッパ、アフリカを中心に操船者によって引き起こされた Dynamic Positioning System(DPS)による海難の発生が報告されている。詳細なデータは第 3 章に示す。例えば、2001 年から 2010 年までの海難は、事故計 612 件のうち、67 件の主因がヒューマンエラーであり、2011 年以降ではヒューマンエラーに比べてスラスタの故障が主因である事故が増加している⁵⁾。しかし、筆者が 2000 年から 2018 年における IMCA 報告書の事故の要因を分析した結果、他の要因に比べてヒューマンエラーが最も多いことが分かった。海難では生命と財産を失うこともあり影響が大きいため、ヒューマンエラーにつながる船員の認知行動を分析し、事故の原因を解明し、事故の対策を考察する必要がある。

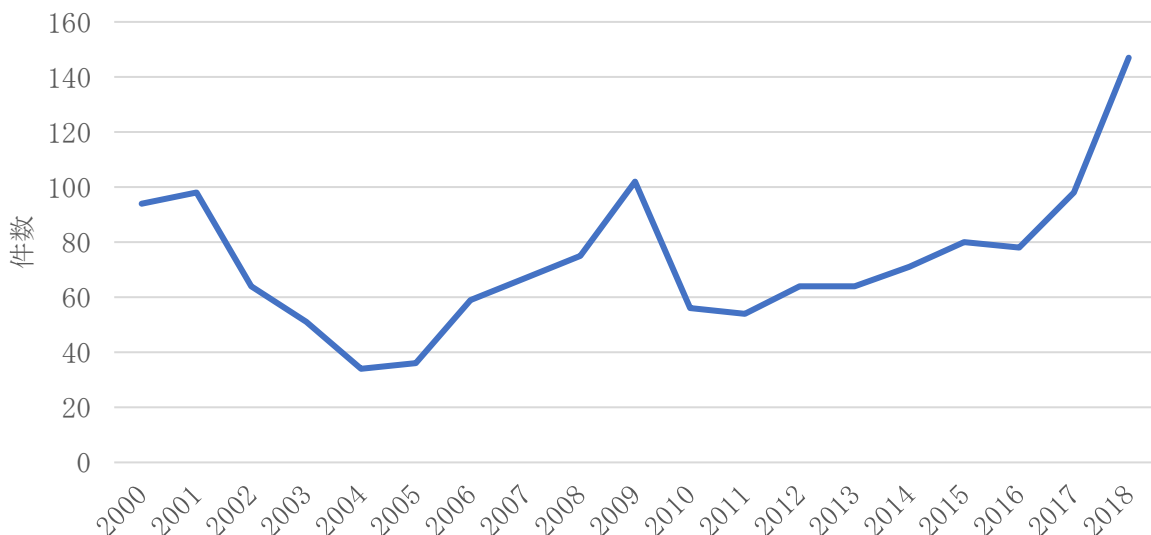


図 1.1 DP 船の海難事故発生件数の推移 (N=1392)

1.2 DP 船における海難発生件数の推移

2011 年から 2018 年の間、スラスターは主に DPS の事故の主因である⁴⁾。DPS とスラスターの詳細は第 3 章に示す。また、DP 船における海難発生件数の推移は増加傾向にある。DP 船における海難の主因を図 1.2 に示す。筆者は、2000 年から 2018 年までの IMCA 報告書を参照したところ、近年の DP 船における事故の主因がスラスターであった。2000 年から 2018 年までのスラスターと PRS (Position Reference System) の主因別の発生件数を表 1.1 に示す⁴⁾。表 1.1 から、2000 年代前半で最も高い件数が PRS であった。表 1.1 から、2018 年で最も高い件数がスラスターであった。

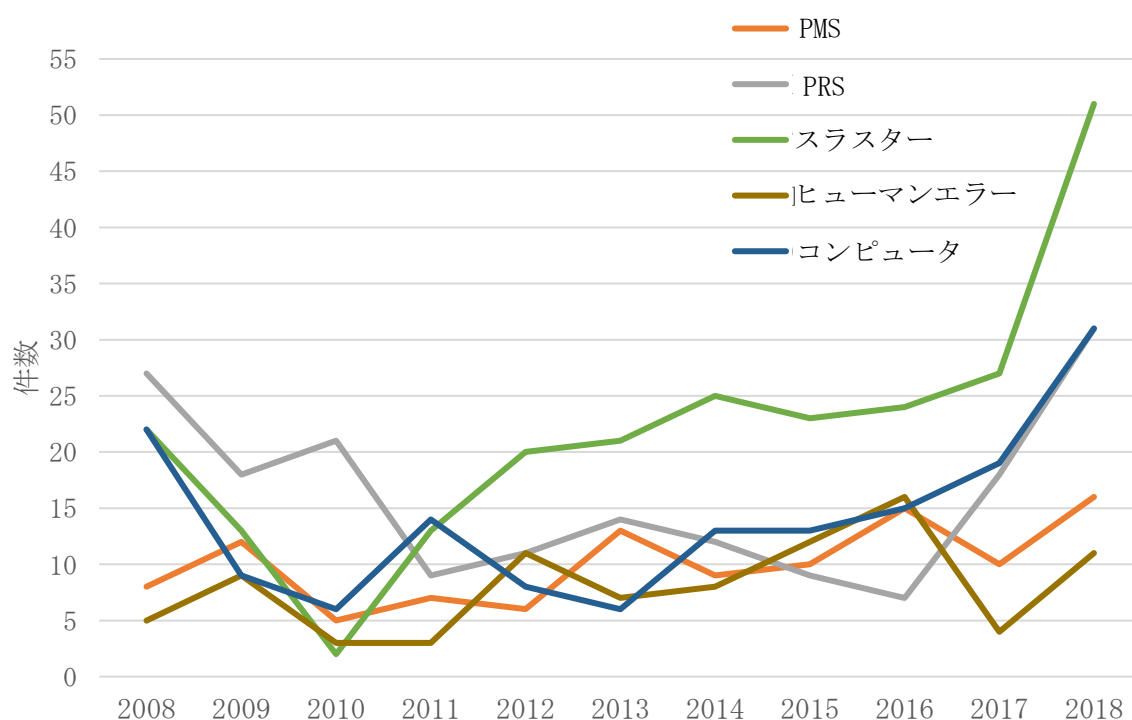


図 1.2 DP 船における海難の主因別の発生件数 (2008 年から 2018 年、N=742)

表 1.1 スラスターと PRS の主因別の発生件数 (2000 年～2018 年)

主因	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
PRS	23	14	15	5	12	5	12	13	18	27	21
スラスター	15	14	13	10	4	8	4	8	13	22	2

主因	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
PRS	9	11	14	12	12	9	7	18
スラスター	13	20	21	25	25	23	24	27

1.3 本研究の目的と構成

本研究の目的は、海難防止策の重要な構成要素である操船者（DPO: Dynamic Positioning Operator）について、認知行動の特徴を明らかに示し、海難のリスクの減少を図ることである。海難を低減させるため、DPO の効率的な行動に役立つ操船者の具体的な認知行動を含めたヒューマンファクターについて検討していくべきであると考ええる。DPS を操船中に発生した事故で操船者が、事故でうまく対応したこと、うまく対応できなかったことを明確にし、安全な対策を考察する。

本研究では、CREAM (Cognitive Reliability and Error Analysis Method)⁶⁾を用い、ヒューマンファクターに基づいた海難要因分析手法の検証を行った。以下に本論文の構成を記す。

第 2 章では、近年における DP 船の海難発生状況とヒューマンファクターのモデルについて検討を行った。第 3 章では、DPS、DPO、DPS class、IMO で定めた DP class 別の冗長性の数、DP 船による事故統計について整理した。また、DPO が使用する DP 船に設置されている Power Management System (PWS)、スラスタ、PRS、DARPS (Differential Absolute and Relative Positioning Sensor)、センサー等をまとめた。第 4 章では、CREAM における各 CPC (Common Performance Condition) を評価する項目の抽出を行い、スクリーニング手法を用いて分析をした。第 5 章では、本研究で得られた結果の総括をした。

第2章 近年における DP 船の海難発生状況とヒューマンファクターのモデル

2.1 DP 船における海難の要因

第1章 1.2 で示した図 1.2 は IMCA 報告書⁴⁾の資料から主要要因別に PMS (Power Management System: 発電機等)、スラスター、Computer、PRS、ヒューマンエラーの発生件数の推移について示したものであり、ハードウェア (PRS、Computer、PMS、スラスター) の事故発生件数が増加傾向にあった。表 1.1 に示した通り、2000 年から 2018 年の間、主に DPS の事故の主因は、スラスターの事故であった。それに関連する DPS の海難における要因を表 2.1 に示す。一方、本研究の筆者が 2000 年から 2018 年までの IMCA 報告書を参照したところ、DP 船における事故の要因がヒューマンエラーであったことが判明した。また、2 番目に多い要因が電気系統であった。表 2.1 からは、ヒューマンエラーの件数が多かったが、電気系統の件数が 2007 年と 2008 年の間で生じた事故の要因として 0 件から 4 件と徐々に増加傾向になり、2017、2018 年にはヒューマンエラーの件数が電気系統の件数より下がった。

プロジェクトの予定や予算の問題から、DP0 は不規則な日程で業務を行っており、DPS の当直中、2 人体制の長時間勤務を実施する⁷⁾など、一般商船とは異なる勤務体制下で業務に従事している。こうした勤務体制下で生じる船員のストレスの蓄積は、ヒューマンエラーを引き起こす要因の一つになると考えられる。IMCA 報告書から事故を引き起こす要因の一例として、船員の長時間勤務でのストレスの蓄積と言える。

表 2.1 DP 船における海難事故の要因

要因	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
ヒューマンエラー	35	22	10	24	17	9	11	13	8	9
電気系統	0	0	0	0	0	0	0	0	4	8

要因	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
ヒューマンエラー	10	8	1	10	7	5	7	11	22
電気系統	4	1	0	1	6	4	1	17	40

2.2 ヒューマンファクターと事故の形態モデル

より詳細に操船者の認知行動の特徴を検討していくためには、操船者の行動や事故発生の原因の構造を知る必要がある。本節では、ヒューマンファクター及びそのモデル、事故の形態モデル、一般的に使われている DP 船の海難報告について説明する。

2.2.1 ヒューマンファクターとヒューマンエラー

ヒューマンファクターとは、人間間や機械等で構成されるシステムが安全かつ効率よく目的を達成するために考慮しなければならない人間間側の要因や特性である。事故の多くはヒューマンファクターによるエラーで起こると言われている⁸⁾⁹⁾。ヒューマンファクターの定義に関して、Edwards¹⁰⁾は、「ヒューマンファクターは組織工学の枠内に統合された人間間科学の応用によって

人間間とその活動との間の関係を最適化するものである」、F. H. Hawkins¹⁰⁾ は、「人間間と機械、装置との関係、その処理との関係、その環境との関係に関するもの」としている。黒田¹¹⁾ は、「機械やシステムを安全にしかも有効に機能させるために必要とされる人間間の能力や限界、特性などに関する知識の集合体」と定義し、使用される機材やシステムの特性により、ヒューマンファクターの形態が異なるとされている¹²⁾。

ヒューマンエラーは、人間の失敗を総合的に意味する語として定義されている。Swain¹³⁾ は、ヒューマンエラーを「システムによって定義された許容限度を超える一連の人間間行動」と定義し、種々の定義を集約するものとして広く受け入れられている。また、井上¹⁴⁾ は、「人間間に要求される機能と実際に人間間が果たす機能との間のずれによって生じ、その結果が何らかの形でシステムに悪影響を与える人間間の過誤」と定義づけている。ヒューマンエラーはヒューマンファクターの一部で負の結果であり、先入観や固定観念によって生じる意図しないもの、手抜きや違法性を知りながらも意図的に行われるものに大別され、企業や組織に対して大きな損失を与える。このため、海事分野をはじめとする輸送分野、医療分野や原子力分野など1つのエラーによって甚大な被害が生じるトラブルを生じさせる可能性のある分野において、ヒューマンエラーの予防策・防止策が講じられている。

2.2.2 ヒューマンファクターのモデル

(1) m-SHEL モデル

航空機の運航乗務員のヒューマンファクターを理解するためのモデルとして、Edwards⁹⁾ が基本モデルを考察し、F. H. Hawkins¹⁰⁾ が改良した SHEL モデルが知られている。SHEL モデルを分かりやすく図示したものを図 2.3 に示す。図 2.4 に人間間と人間間を取り巻く周囲の各種ファクターの関係を示す。

m-SHEL の各要素を囲む枠は波打っているが、これはその状態が固定的ではなく常に変動していることを表している。これらの変動により、中心の L との間に隙間が空くと、そこにエラーが生じる⁸⁾。

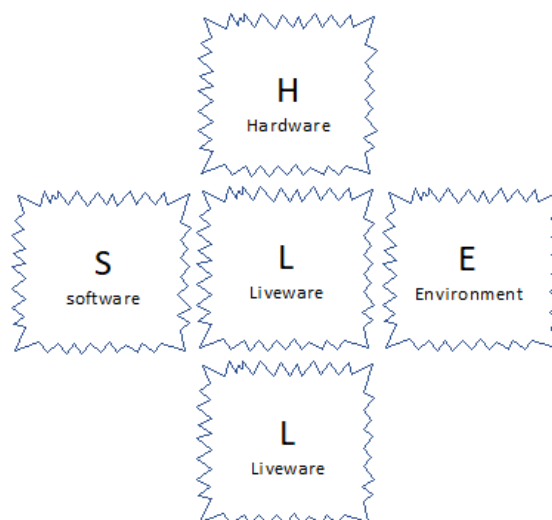


図 2.3 SHEL モデル

中央にある L(liveware):すべきことを行う:当事者 (パイロット)

下段にある L(liveware):支援要員 (副操縦士、管制官)

S(software) : 手順やマニュアルなどのソフトウェア

H(hardware) : 道具や整備などのハードウェア

E(environment) : 明るさ、騒音などをはじめとする環境

m-SHEL モデルは、東京電力のヒューマンファクター研究グループが提案したもので、management (管理要因) に相当する m を SHEL モデル¹⁰⁾ に加えたモデルである。この関係を模式的に表現した m-SHEL モデルを図 2.4 に示す。人間間を取り巻くファクターとして、「S」、「H」、「E」、「M」がある。

「S」: 法律、規則、マニュアル、手順、チェックシート等のソフトウェア要素

「H」: 機械、器材、計器等のハードウェア要素

「E」: 騒音、温度、湿度、照度といった作業環境等の環境要素

「M」: 職場における管理の意識や管理に関する組織的風土などのマネジメント要素

ただし、中央にある「L」は当事者自身、その下の L は上司、仲間、部下等を表している。間違った手順書は人間間にエラーを起こさせる、読み取り間違いを起こしやすい機器はエラー発生のもととなる、悪い環境のもとでの作業はミスが生じやすい、人間と人間のチームワークの乱れはエラーを誘発しやすい、不適切な組織管理の下にはヒューマンエラーが付きまとうなど、このような中央の「L」と周囲の「M」、「S」、「H」、「E」、「L」の間に生じる関係がヒューマンファクターであり、これらの各ファクターと人間間との間に生じる不適合がヒューマンエラーとなって現れる。

- ① L の構成要素: モデルの中心は人間間であり、システムの利用者である。これはシステムの中で最も柔軟な構成要素であると同時に、最も大切なものである。人間間は作業の中で多くの変形を前提とし、また、多くの制限を前提とするが、そのほとんどはおおむね予測可能である。
- ② L-L の構成要素: L-L の構成要素は、人間間と人間間の間の領域である。航行中の作業の問題は個々の操船者の性格に焦点が当てられてきた。しかし、だんだんとチームワークが壊れることや重複性を持たせた安全確保システムに注意が注がれるようになった。L-L の領域では、指導性、チームワーク及び個性の相互作用に携わる。
- ③ L-H の構成要素: 人間間の特性に適合させる必要がある要素の第 1 はハードウェアである。この L-H の構成要素はマンマシンシステムを語るときに最も一般的に考慮されるものである。例えば、人間体の座る特質に適合する座席の設計の仕事に関係する。快適でない座席は、乗務員が医師に腰痛を訴えることと同じように、L-H 領域に関係する。
- ④ L-E の構成要素: L-E の構成要素は、人間間と環境の間の領域である。労働環境や機器の保全を対象とし、具体的には労働環境の維持、航路や水路の保全を定義している。

- ⑤ L-S の構成要素：L-S の構成要素は、手順、マニュアル、チェックシートの配列、記号による表示、増加しているコンピュータ用プログラム等のシステムの非物理的な側面を含む。例えば、ソフトウェアは空港周辺で見られる図表を集めたものに反映されている記号を含む。
- ⑥ L-m の構成要素：L-m の構成要素は、人間間とマネジメントの関係による要因であり、企業の組織活動、法令等に関する要因が含まれる。

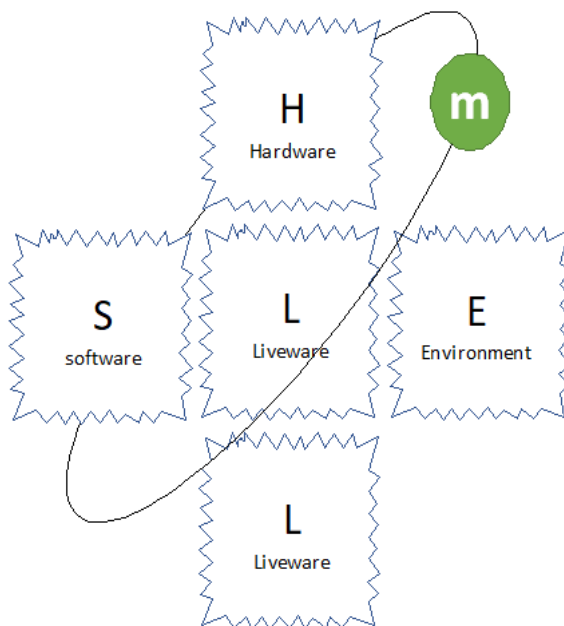


図 2.4 m-SHEL モデル

(2) 4M4E 分析

4M4E 分析とは、ヒューマンファクターのかかわるシンプルな事案について、直接原因・要因レベルでの対策も同時に検討する手法である。4M は事故の原因・要因を示し、① man (人間的要因)、② machine (機械要因)、③ media (環境要因)、④ management (管理要因) で、4E は現場でできる対策として、① education (教育訓練)、② engineering (技術)、③ enforcement (規程と徹底)、④ example (事例紹介) を示している¹⁵⁾。この 4M4E 分析の例を表 2.2 に示す。特徴として、分析と同時に対策も立てられる現場レベルでの問題整理・問題解決に向いている。また、要因や対策を 4M4E のどの欄に記述するかは、こだわりすぎない方がよく、対策立案の実務からすれば、気づいた要因や思いついた対策がある意味どこかに記載されていればよい。そのため、事案が複雑だと表が見えにくくなると考えられているからである¹⁵⁾。

表 2.2 4M4E 分析の例

	man	machine	media	management
具体要因	急いでいる 水たまりに気がつかない		水たまりがある 水たまりがみえにくい	マナーがなってない 傘立て・モップがない
教育訓練	注意喚起			
技術的対策			照明設置、 滑らない床面化	傘立ての購入
規程化 徹底	雨天時には“水たまり 注意”の札を立てる			傘のしずくを切る マナー教育 傘の持ち込み禁止
事例紹介	事故事例の共有の職場			

2.2.3 事故の形態モデル

(1) ドミノモデル

ドミノモデルは、望ましくない（普段とは異なる）事象が起こり、それが引き金となって、ドミノ倒しのように事態が進展し、最終的に事故に至るというモデルである。このモデルを図 2.5 に示す。例えば、“疲れている時に、急に部品の交換を命じられて焦ってしまい、部品確認に見落としが生じ、それを誰も気付かなかったので、結果、間違った部品が機械に取り付けられてしまった”というような「原因→結果」の連鎖系で理解されるモデルである。このようなタイプの事故を分析する手法は根本原因分析（RCA: Root Cause Analysis）といわれる。“根本”といっても、何か単一の原因があることを示すものではない。ちょうど地中に根が広がるように事故の原因や要因が広がり、これらによって地上の樹木が枯れるようなものである¹⁵⁾。



図 2.5 ドミノモデル

(2) 疫学的モデル

a) スイスチーズモデル

疫学的モデルは、ドミノモデルによる深堀りにより、ある程度、問題を明らかとしていくことができる。ある組織において事故が脈絡なく生じる時には、一つ一つ事故を分析し、対策を講じていても埒が明かず、組織風土の乱れや管理制度の不確立、不機能により生じていることが多い。都市の衛生状態が悪化すると、疫病が蔓延するようなものである。つまり、疫学的な見方でのアプローチが必要であることから、疫学的モデルといわれる¹⁵⁾¹⁶⁾。疫学的モデルの事故分析手法は、スイスチーズモデルや HFACS (Human Factor Analysis and Classification System) とされる。スイスチーズモデルを図 2.6 に示す。スイスチーズは、穴の位置、形の違う複数のスイスチーズを重ね合わせることで、穴は埋まり、何も通さなくなる。しかし、安全のために何か対策をしたとしても、その対策がすり抜けられと、危険な状態にもなる。別の対策を組み合わせれば、その危険を防げる可能性が高くなるため、多層的な対策が重要である。スイスチーズモデルは安全対策において広く応用できる考え方である。医療事故や自動車事故など、さまざまな分野で引用されている。

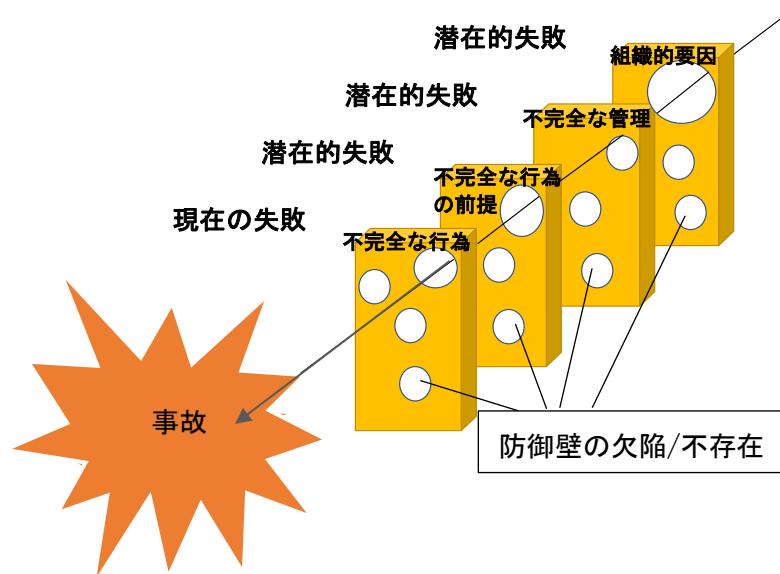


図 2.6 スイスチーズモデル

b) HFACS (Human Factor Analysis and Classification System)

HFACS は、航空機事故を分析するために、FAA（米国連邦航空局）が使っている手法である。ベースに J. Reason のスイスチーズモデルをおき、起きた不安全行為 (unsafe acts)、その前提となる背後要因 (precondition for unsafe acts)、管理監督要因 (unsafe supervision)、組織的影響 (organizational influences) の 4 層において、事故の要因をチェックしていく。HFACS の構成を図 2.7 に示す。HFACS は主に 4 つの構成に分類される。この手法は、航空機事故のうち、自家用機や小規模事業用航空機など、組織的管理が行き届きにくい事故を想定している¹⁵⁾。特徴として、4 階層において、航空機事故の原因/要因候補がすでにあげられている。そのリストを用いながら、当該事故において、原因/要因の存在の有無を、それぞれの階層でチェックしていくことができる⁶⁾。ただし、事故にはリストにない要因が影響していることもある。その場合、スイスチーズモデルの要因設定にならって各業界・業務で要因を追加設定することが必要である。HFACS は主に下記の 4 つの構成に分類される¹⁷⁾。

1. 組織的影響 : Organizational Influences
2. 管理監督要因 : Unsafe Supervisions
3. 前提となる背後要因 : Precondition for unsafe acts
4. 不安全行為 : Unsafe Act

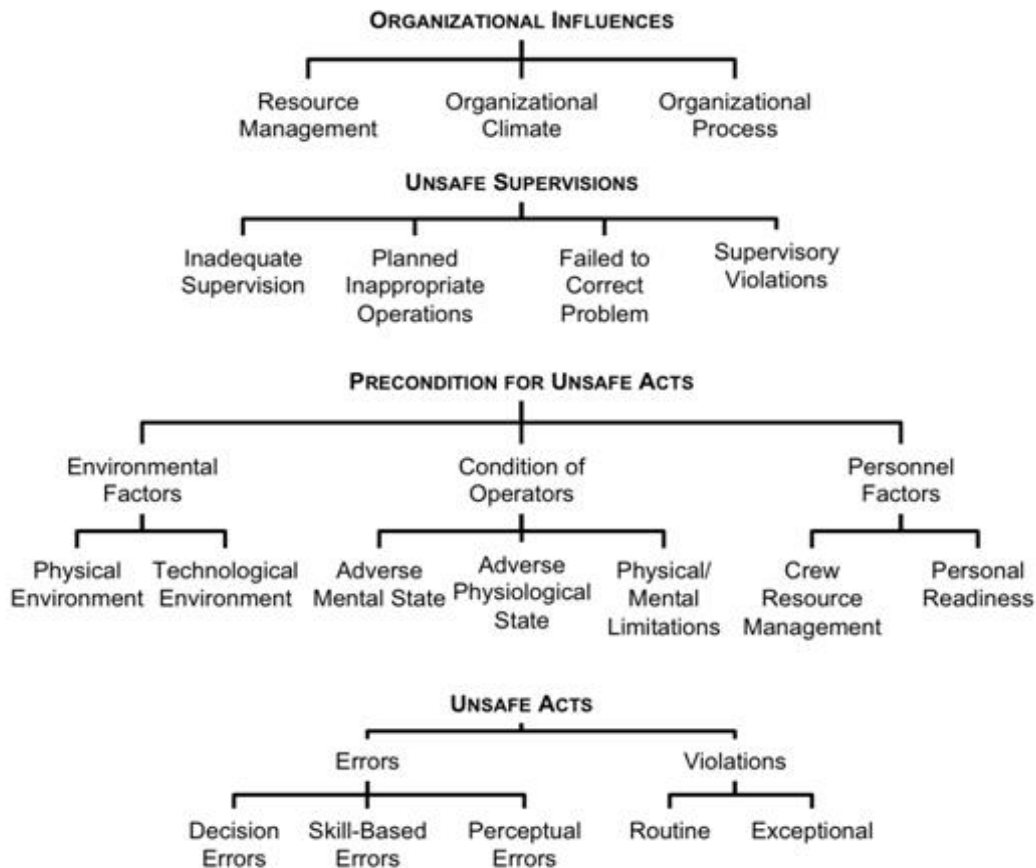
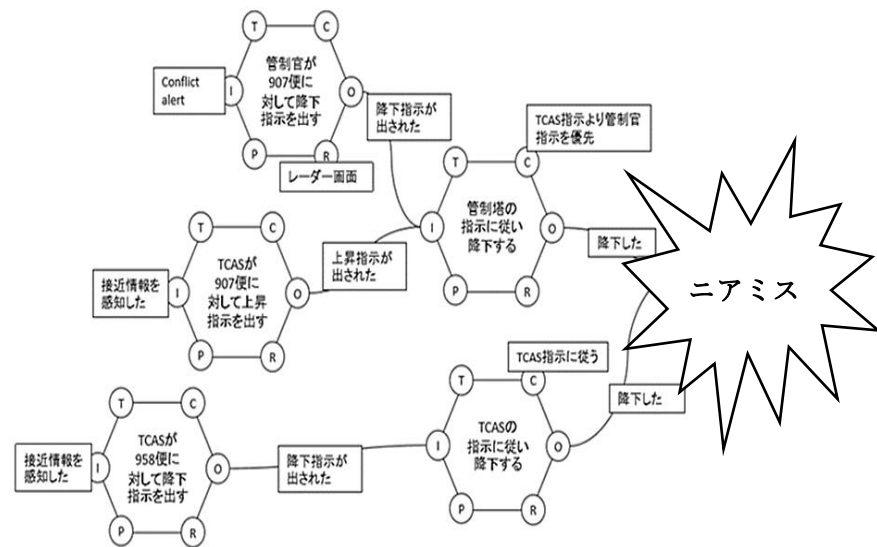


図 2.7 HFACS 構造

c) FRAM(Functional Resonance Analysis Method)の機能共鳴型モデル

E. Hollnagel⁶⁾は、事故が失敗や不全ではなく、成功からも発生するとして、事故モデルをさらに拡張した。チーム作業において、それぞれがまじめに作業を行っているにも関わらず、“息が合わず”に事故が生じることがある。また、自動化システムを扱っているときに、システムの挙動理由をオペレータが理解できない状態となり、不適切なオペレーションを行ってしまうことがある。それぞれのスタッフやシステムの機能がかみ合わず、共鳴して生じたものであり、機能共鳴型事故と呼ばれる。分析手法としては、FRAM(Functional Resonance Analysis Method)が提案されている。

FRAM 分析の例を図 2.8 に示す。事故に関わるアクターが演じた役割を機能ととらえ、その機能の連鎖として事故全体を表現する。機能とは、インプット (Input:入力) に対して、それを下記の 4 つの要素の影響を受けて変換し、アウトプット (Output:出力) を出すものと位置づけられる¹⁵⁾。



T: time(時間):機能に影響を与える時刻、時間
 C: control(制御):機能の監視、制御される条件
 P: precondition(前提条件):機能が実行される前に存在する条件
 R: resource(リソース):機能の実行において必要となる資源

図 2.8 FRAM 分析の例

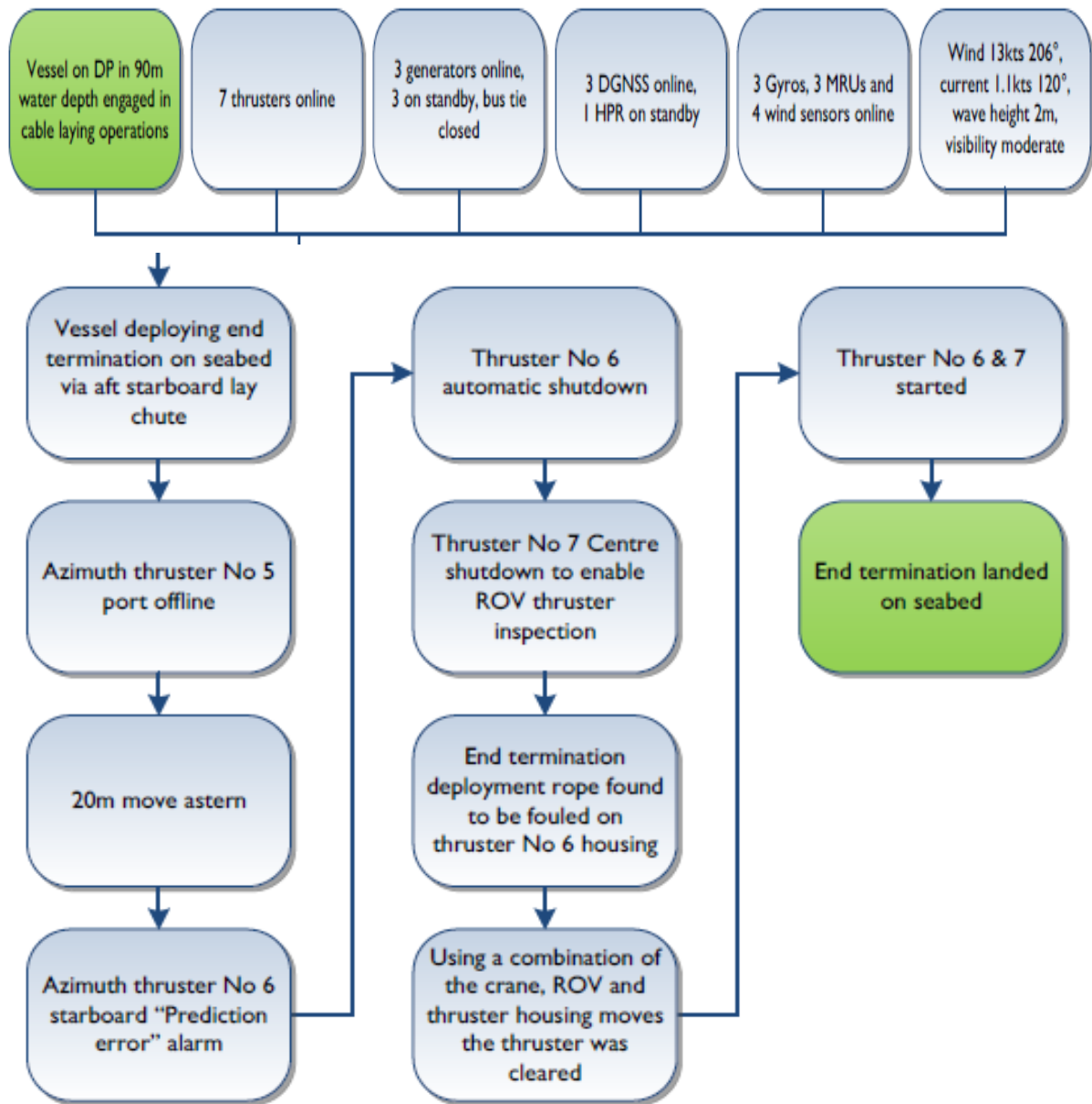
2.3 IMCA 報告書

International Marine Contractors Association (IMCA)⁴⁾ とは、世界中の海上における海洋建設業界の請負業者及び関連するサプライチェーンの大多数を代表する業界団体である。IMCA は 1995 年、Association of Offshore Diving Contractors と Dynamically Positioned Vessel Owners Association の合併により設立された。IMCA 報告書の構成図を図 2.9 に示す。この報告書は、IMCA の海洋部門管理委員会の指示のもとで作成された。また、報告書は、アジア、ヨーロッパ、アフリカ、中東、インド、北米、南米の各地域のメンバーに影響を与える海難事故を取り上げ、作業の促進に役立っている。筆者は、図 2.9 をもとに海難の分析を行った。DP 船における事故は、以下の 3 つの段階で分けられる。

DP incident: DPS の機能が完全に失われた重大なシステム障害、環境又はヒューマンエラーの事故

DP undesired event: 代替可能なシステムの損失や DPS 機能の低下を引き起こしたシステム障害、環境又はヒューマンエラーの事故

DP observation: 代替可能なシステムや DPS の操船機能が損なわれていないが、海難として共有する価値がある事故



Comment :

During over boarding of the end termination through the starboard aft chute, the cable laying shift supervisor asked the bridge to isolate thruster No.5 (port quarter) instead of thruster No.6 (starboard quarter).

Considerations from the above event:

- There was either a lack of operational planning or it was inadequate.

図 2.9 IMCA 報告書の構成図

2.4 結語

近年における DP 海難発生状況とヒューマンファクターのモデルと事故形態モデルについての概観を示した。m-SHEL 及び 4M は、ヒューマンエラーの原因を究明するものであり、各要素の調和をすることによって事故の防止対策を考える手法である。

意図しないヒューマンエラーは、見落としややり忘れのような自らの意思と反して起こりうるものである。それは、たとえ、熟達した経験者が作業していたとしても、先入観や思い込みなどによりヒューマンエラーを起こすこともあり得る。また、それには、タイトなスケジュールなど無理な業務内容を強いる組織に問題がある可能性もある。

このため、ヒューマンエラーを防止するためには、組織成員を含む組織全体を包括的に俯瞰し、エラーを起こす要因を探究する必要があるだろう。ヒューマンエラーによって重大なインシデントが起こらないためには、二重、三重の確認体制を構築することが求められる。

第3章 Dynamic Positioning System (DPS)

3.1 DPS とは

DPS は主に HMI、PRS、センサー、DP コンピュータ、動力システム、スラスタシステム及び DPO、7つの要素で構成されている²⁰⁾。DPS 要素のネットワークを図 3.1 に示す²⁰⁾。DP 船はスラスタの力を利用して船の位置を自動的に維持させるシステムをいう。これらの DPS は主にオフショア分野の掘削船、オフショア支援船、客船、FPSO 船などに設置され、その目的に合わせて使用されている。

DPS を設置している船の主要な目的は自動制御で船を維持し、目的の場所に移動することである。目的の場所に移動するために DP 船は、外力の強さを計算し、これを補正する。DPS は、補正する力を本船の推進装置やスラスタに与える。また、DPS は海上で船に作用する外力の測定及び外力による船の動きを予測する。システムに作用する外力及び船の動きの計算をすることが DPS 運用のための基本的な概念である。

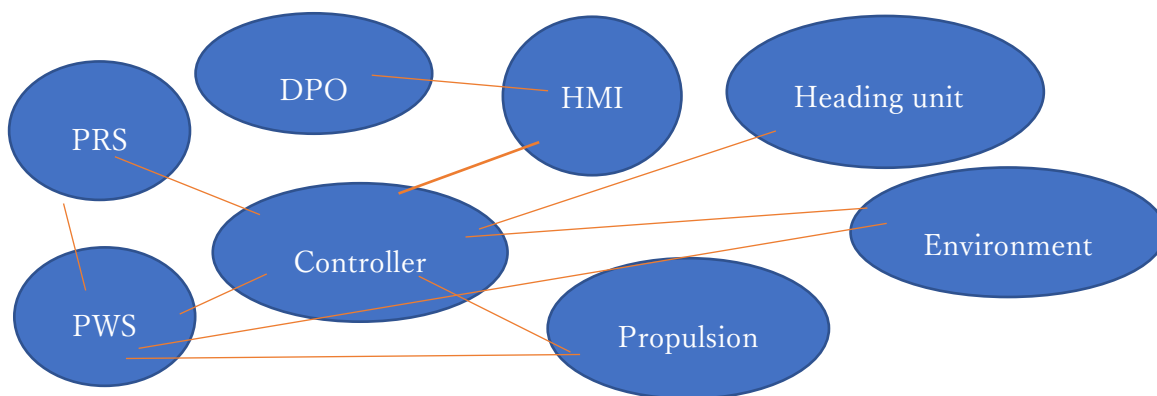


図 3.1 DPS 要素のネットワーク

近年では、より安全で信頼性の高い DP 船の運用をオフショア分野の船主や関連企業が活用している。特に多くのシステムを備えた DP 船を好む傾向にある²⁰⁾。これらの DP 船の評価を分ける基準は、IMO MSC/Circ 645 である²⁰⁾。

DP 操船は設定位置と設定方位を決め、当直航海士又は DPO によって判断される。DPO については第 3 章 3.2 で説明する。位置と方位の計測値は絶えずコントローラに戻され、フィードバックと設定値との間の違いでエラー又はずれが生じる。制御コンピュータは絶えずエラーを少なくさせ、位置や方位を維持するためにスラスタコマンドで調整する。DPS に作用する外力及び船の動きを図 3.2²¹⁾ に示す。図 3.2 の黄色の矢印が、DPS 制御 Surge、Sway、Yaw である。操船中は基本的に Surge、Sway、Yaw で調整する。そのため、DP 船では Yaw、Surge、Sway による船の移動だけで本船の推進装置とスラスタで本船の位置を制御できる。赤色の矢印は風、潮流といった外力である。緑色の矢印は DP 船に設置されたスラスタの出力である。

DPS を搭載している船が位置の変化を認識し、Yaw、Surge、Sway を調整し、DP 船が目的の場

所に移動し、自動操船を可能にする。DPO が実際の船の位置を比較し、継続的に位置情報を更新しながら、自動機能を保持する。

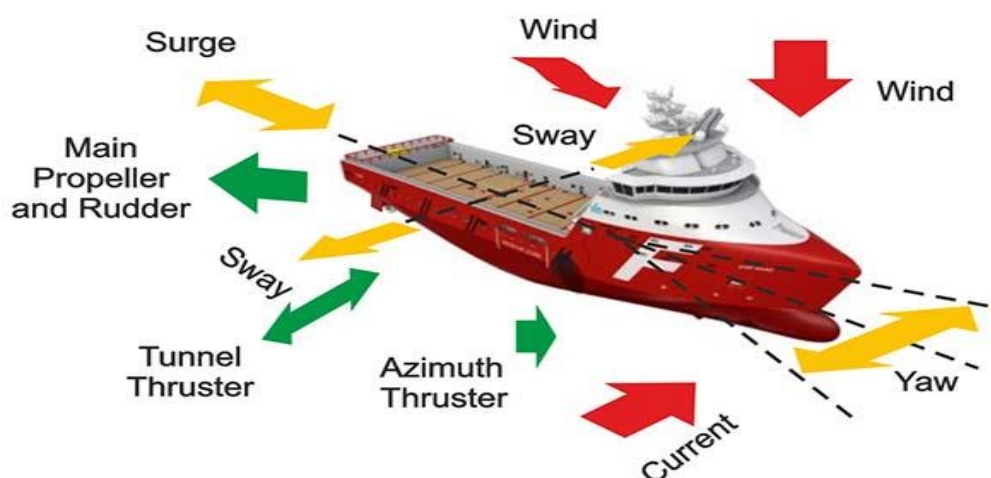


図 3.2 DPS に作用する外力及び船の動き

pitch、roll、heave を図 3.3 に示す²⁰⁾。pitch、roll、heave では VRS (Vertical Reference System) で測定される。VRS は第 3 章 3.5.4.2 で説明する。GPS が船舶の横揺れによって位置が変化した場合、DPS は GPS アンテナの位置の変化によって、船の位置が変わったと判断する。実際に船の位置に変化はなく、横揺れによって GPS アンテナの位置だけが変わる。これを VRS で測定し、位置の移動がなかったことに補正する。

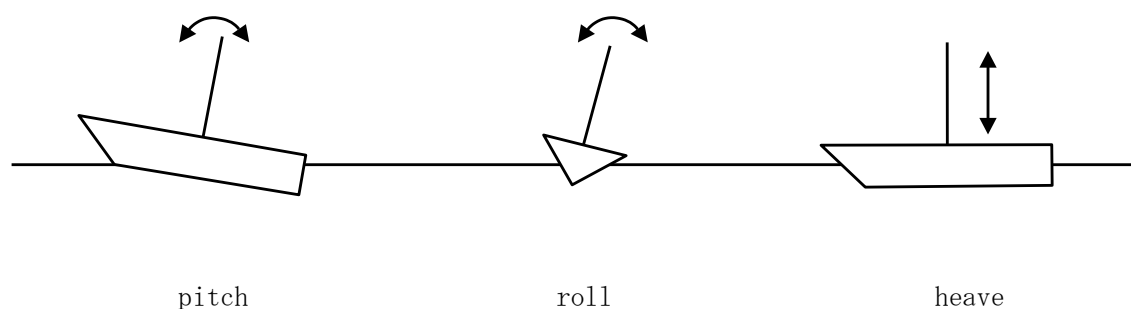


図 3.3 roll、pitch、heave

3.2 DPO とは

DPO は船に設置された DPS を運用するための最も重要な役割を果たす操船者である。技術が発展して DPS が進化しても、これを使用するのは DPO であり、その役割を適切に実行しない限り、DPS はその安全性と信頼性をすぐに失うことになる。DPO は基本的に DPS の詳細と運用を熟知す

ることが求められる²⁰⁾。DPO の主な職務を表 3.1 に示す。表 3.1 は、DPO が行う主な職域についてまとめた²⁰⁾。

表 3.1 DPO の主な職務

① DPO は、船橋で本船の DP 操船と Senior DPO(SDPO:DPS の専門家)の補佐を担う DPO は、OIM (Offshore Installation Manager:オフショア施設の管理者)、船長の代理人の役割を果たし、海上衝突予防法に基づき、本船の安全運航、DPS の操船者としての責任を負う
② DPO は、会社の方針と規制要件、OIM、船長の指示、そして適切な業務慣行を遵守する
③ 本船の作業に関連して会社の方針（仕様書）や国際法を遵守する
④ 本船が DP 操船中、DP 当直が適切に遂行されるように保持する
⑤ 気象情報を監視し、時間ごとに関連部門に伝達する
⑥ DPS を定期的に点検する DPS に問題や故障が発見した時、OIM や船長に報告する
⑦ SDPO が新しい油井での作業に先立って進めるため、会社の操船マニュアルに基づく WSOG (Well Specific Operation Guideline: 安全運航をするために必要な操船手順)を確立することを手伝う
⑧ SDPO が新しい油井の作業に先立って進めるため、DP 操船中の必要な設定を実施することを助け、気象状況の変化に応じてデータ情報を更新する
⑨ 掘削作業中、油井掘削監督者 (tool pusher) やドリラーの責任者とコミュニケーションを維持する
⑩ Remotely operated vehicle (ROV : 無人潜水機)チーム、掘削チーム、甲板チームなどの無線通信を維持する
⑪ DPO は、気象状況の変化を分析する
⑫ DPS 以外の航海計器等の定期的な点検を行う DPS 以外の航海計器等に問題や故障が発見した時、OIM や船長に報告する
⑬ 本船が掘削作業中、適切な復原性と喫水を維持する。OIM、船長、C/O の適切な指示を受ける
⑭ DP 当直中、常に警報、火災探知やガス検知システムを監視する

3.3 DP class について

船級協会は IMO MSC/Circ 645 に基づいて class1, class2, class3 とした。class1 は冗長性がなく、単一の障害が発生した場合、位置が失われる可能性がある。冗長性は第 3 章 3.5 で説明する。class2 は冗長性を備えているため、システムが単一の障害が発生してもシステムに障害は発生しない。class3 は緊急時、システムの故障を防止するため、火災や洪水等に耐える構造を備える。DP class 種類別における海難（2018 年）を図 3.4 に示す。DP class 種別で見ると 2018 年では class2 が全体の 75%を占め、DP class2 での事故が多いことが分かった。本論文では class は IMO 表記を使う。各船級協会の DP class 表記と IMO 評価要件を表 3.2 に示す²⁰⁾。アメ

リカ (ABS: American Bureau of Shipping)、ノルウェー、ドイツ (DNV GL: Det Norske Veritas Germanischer Lloyd)、イギリス (LR: Loyds Redgister of Shipping) の船級協会、IMO は DP class2 以上の船舶は Position Reference System (PRS) を 3 つ以上、設置するように求めている。PRS は、第 3 章 3.5.3 で述べる。

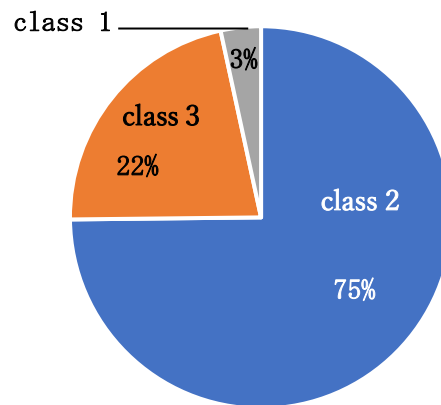


図 3.4 DP class 種別における海難事故 (2018 年、N=147)

表 3.2 各船級協会の DP class 表記と IMO 評価要件

International Maritime Organization (IMO)	Class1	Class2	Class3
Loyds Redgister of Shipping (LR)	DP (AM)	DP (AA)	DP (AAA)
American Bureau of Shipping (ABS)	DPS-1	DPS-2	DPS-3
Det Norske Veritas Germanischer Lloyd (DNV GL)	DP1	DP2	DP3
Registro Italiano Navale (RINA)	DYNAPOS AM/AT IPD-1	DYNAPOS AM / AT R IPD-2	DYNAPOS AUTRO IPD-3
Russian Maritime Register of Shipping (RS)	DYNPOS-1	DYNPOS-2	DYNPOS-3
Nippon Kaiji Kyokai (NK)	ClassA DP	ClassB DP	ClassC DP
Indian Resistry of Shipping (IRS)	DP-1 GS (KK)	DP-2 GS (SK)	DP-3 GS (SS)
China Classification Society (CCS)	DP-1	DP-2	DP-3
Korean Register of Shipping (KR)	DPS (1)	DPS (2)	DPS (3)

3.3.1 DP class1

DP class1 の構成を図 3.5 に示す²⁰⁾。DP class 1 は、単一の故障（風速計の故障、システム間のネットワーク故障、発電機の故障、スラスター故障等）が発生した場合、位置を保持する機能を失う。単一の故障が発生した場合、すぐに位置を保持する機能を失う可能性がある。DP class1 はスラスター、動力装置、PRS、センサーのインターフェースが含まれている。DP class1 搭載の船は主に ROV 支援船等がある。ROV 支援船²²⁾を図 3.6 に示す。

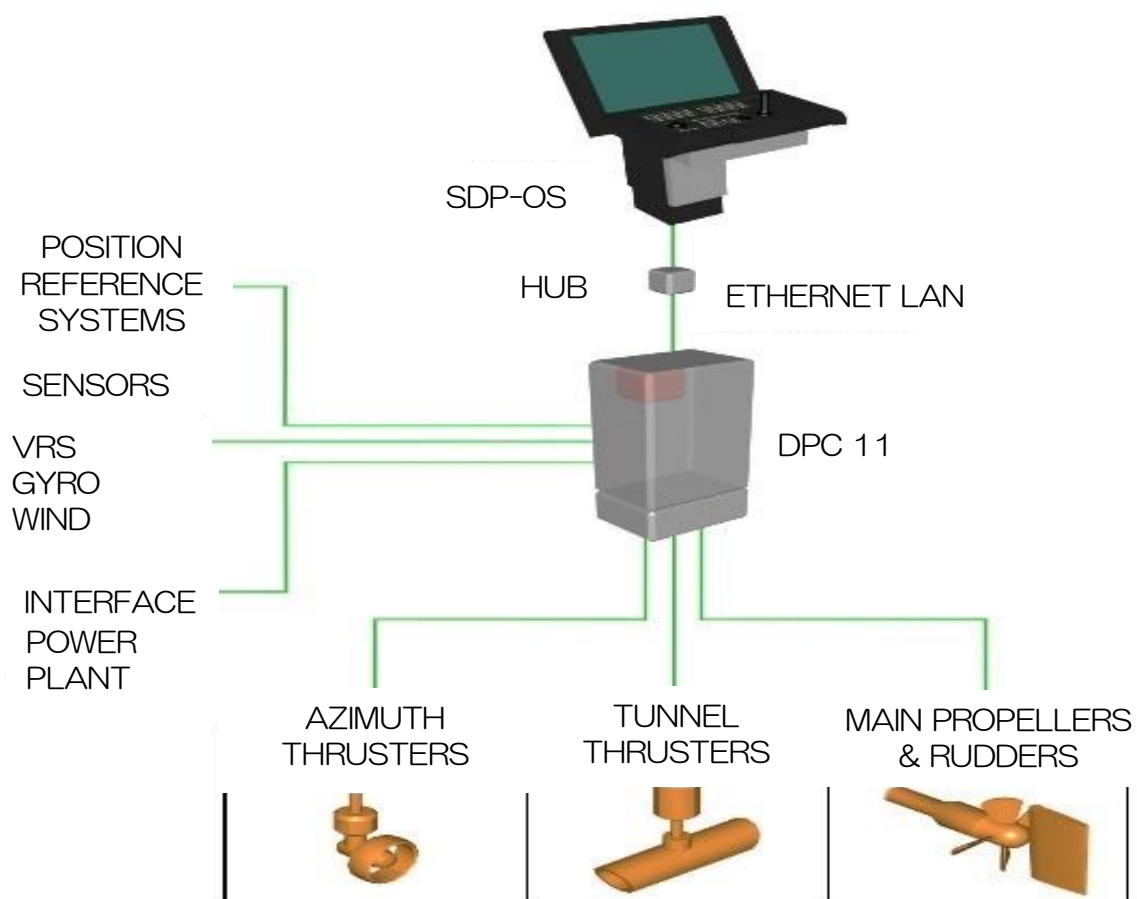


図 3.5 DP class 1



図 3.6 ROV 支援船

3.3.2 DP class 2

DP class2 の構成を図 3.7 及び図 3.8 に示す²⁰⁾。DP class2 は、単一の故障が発生しても冗長性システムによって直接的に位置を保持する機能の損失が発生しない。DP class2 は、dual redundant DP controller unit (DPC-21)と 2 つの SDP OS で構成されている。これを Dual redundant DP control システムと呼ぶ。

DP class2 のシステムでは、制御装置と 2 つの SDP-OS が相互に通信している。図 3.7 から、Data network cable と複数のシステムが二重に配置されていることがわかる。図 3.8 では、DPS が 3 つの SDP OS で構成されていることを示す²⁰⁾。

2 つの DPS のうち、online されている DPS のみ、スラスタを制御することができるようになっている。メインで使われているシステムに問題が発生しても全ての関連データが、スタンバイされていた DPS にも同様に取り込まれているため、すぐに DPS を使用することができる。

ケーブル船²³⁾を図 3.9 に示す。DP class2 搭載の船としてケーブル船を例とした。

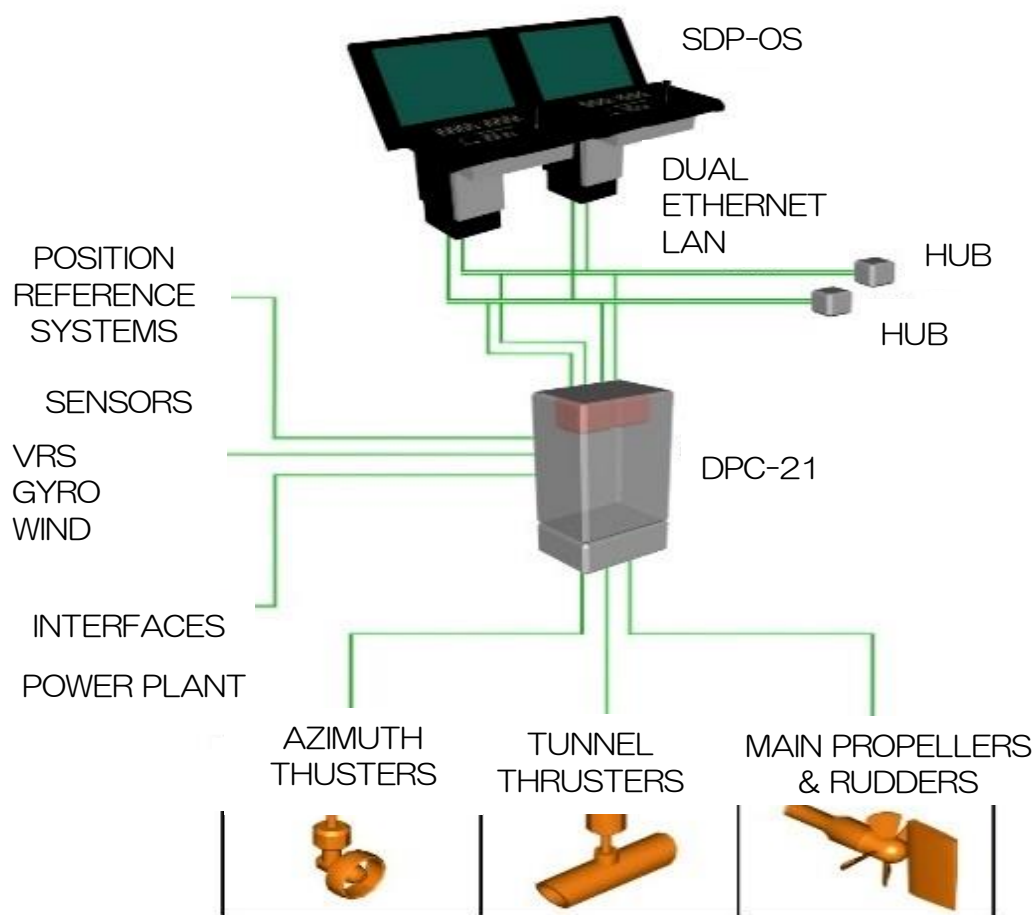


図 3.7 DP class2 (OS が 2 台)

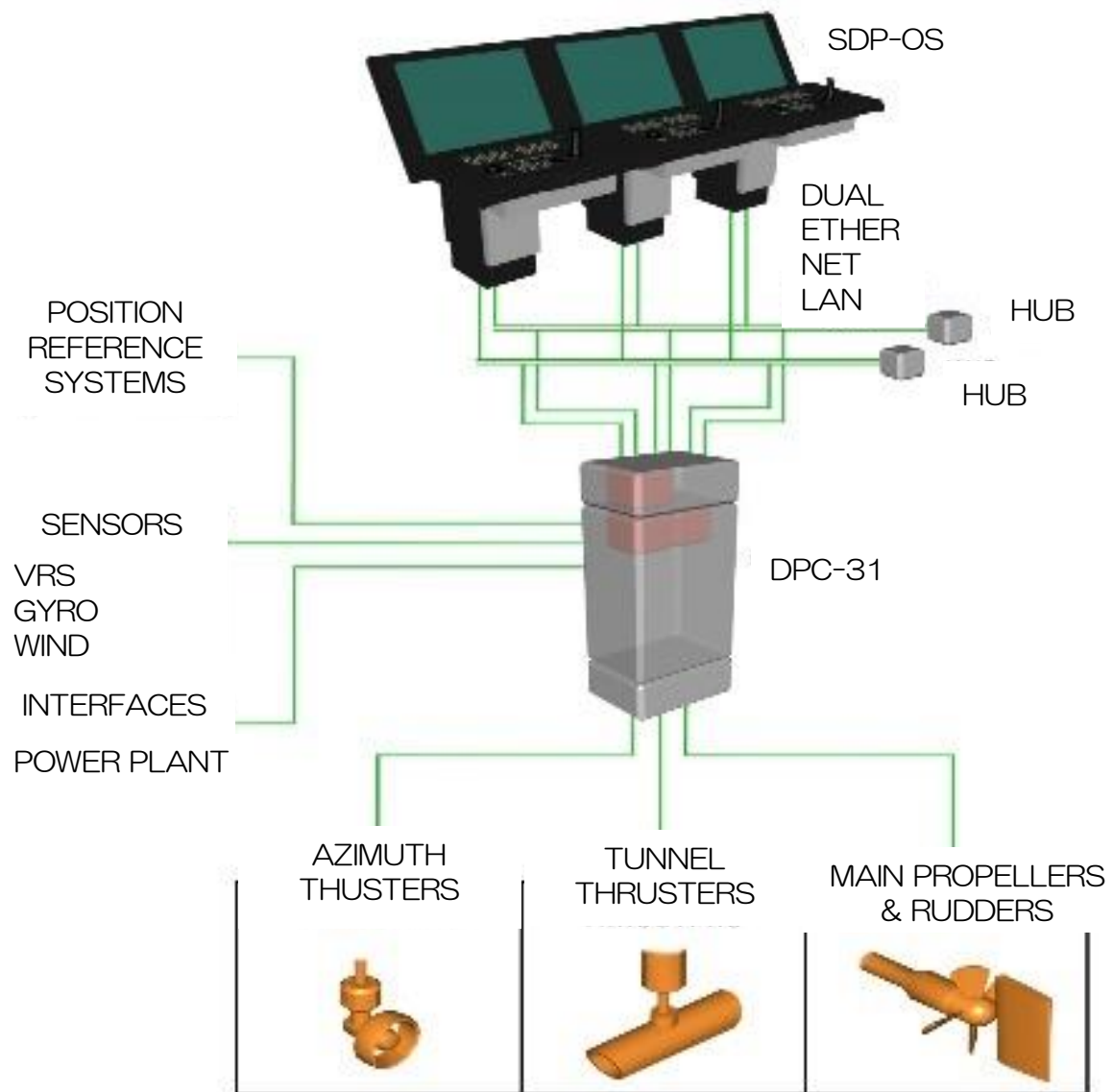


図 3.8 DP class2 (OS が 3 台)



図 3.9 ケーブル船

3.3.3 DP class3

DP class3 の構成図を図 3.10 に示す²⁰⁾。全ての DP class は、関連する船級の要件を満たす必要がある。特に DP class3 では、DPS が火災や浸水で使用できない状態になったとしても、A-60 と呼ばれる分かれた別の空間が DPS を運用できる設備が整っている。DP class2 と同様に、DP class3 は、単一の故障が DPS に発生し、接続されたセンサーと PRS に発生しても位置を保持する機能を維持することができるようにする。このように DP class の中で DP class3 が冗長性を確保している。DP class3 を搭載している掘削船²⁴⁾を図 3.11 に示す。

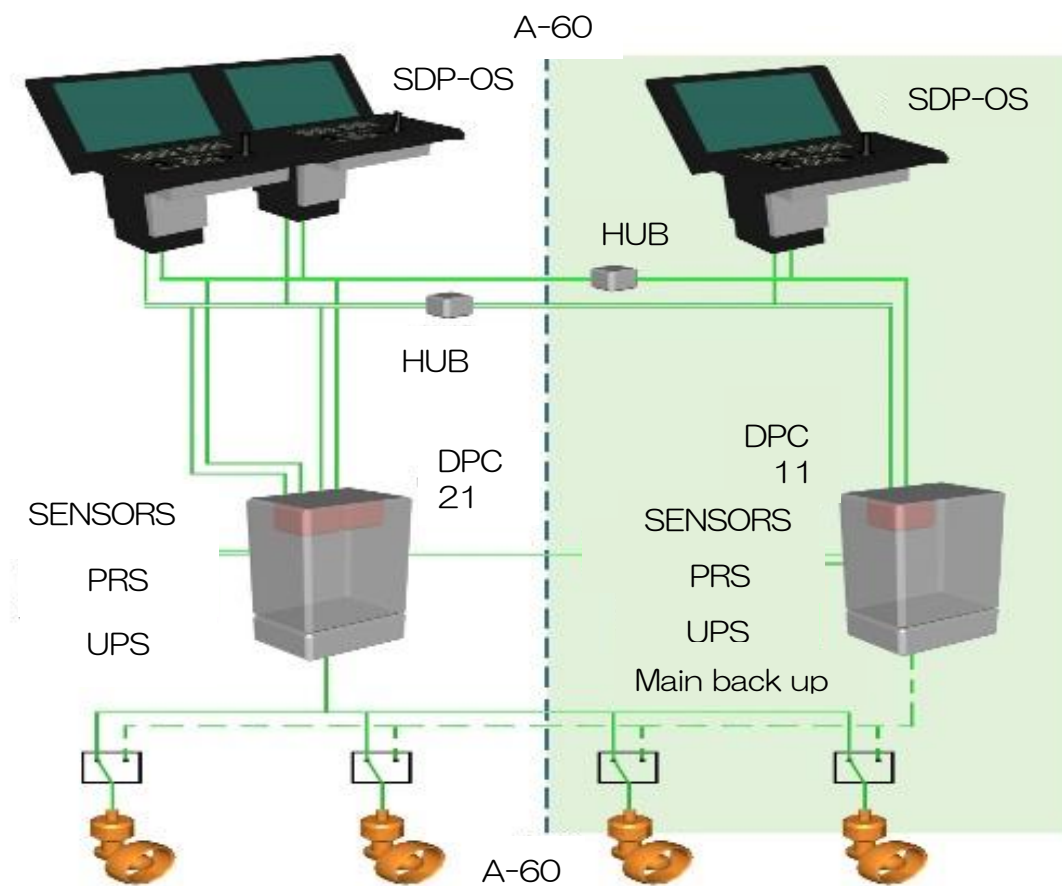


図 3.10 DP class 3



図 3.11 掘削船

3.3.4 DP class1～class3 の構成図

図 3.12 は IMO で定めた DP class1 から 3 までの console をまとめたものである²⁰⁾。DP class2 及び DP class3 になると DPS の台数が増えるとともに、制御システムをコントロールする Main processor も増える。最近の DP 船では、統合 DP 制御システムになっている。船橋に一般商船が持っている航海計器と DP 制御のための operator station(主に船橋)が設定されており、独立した joystick controller と別のスラスター control panel を設置している。また、機関室に 2 台の DP operator station を保有し、船橋から機関室及び全ての DPS 関連機器を統合的に制御することができるシステムになっている。



図 3.12 DP class1～class3 の構成図

3.3.5 IMO で定めた class 別の冗長性の数

IMO で定められた class 別の PWS、スラスター、制御系、センサー、UPS (Uninterruptible Power Supply: 無停電電源装置) の数を表 3.3 に示す²⁰⁾。class が上がると、冗長性を確保するために船に備える装置が増えていることが分かる。DP class2 又は DP class3 の船には、センサー (wind sensor、Gyro、VRS) と PRS を 3 台以上搭載する必要がある。

表 3.3 IMO で定めた冗長性の数

IMO class		class 1	class 2	class 3
PMS	Generators and prime movers	Non-redundant	Redundant	Redundant、separate compartments
	Main switchboard	1	1 with bus tie	2 with normally Open bus ties、in separate compartments
	Bus tie breaker	0	1	2
	Distribution system	Non-redundant	Redundant	Redundant、separate compartments
	Power management	No	Yes	Yes
Thruster	Arrange of thrusters	Non-redundant	Redundant	Redundant Separate compartments
Control	Auto control number of control computers	1	2	2+1 in alternate control station
	Manual control joystick with auto heading	Yes	Yes	Yes
	Single levers for each thruster	Yes	Yes	Yes
PRS	GPS、HPR、Taut wire Laser system	2	3	3including 1 connected to alternative control station
Sensors	Wind sensor	1	3	3
	VRS	1	3	3
	Gyro	1	3	3
UPS		1	2	2+1 in separate compartment
A-60 division		No	No	Yes

3.4 DP 船による事故統計

3.4.1 DP 船における海難

DP 船の月別による事故発生件数を図 3.13 に示す。2007 年から 2015 年にかけて、月別の DPS 事故件数を調べた。図 3.13 から分かるように 3 月から 6 月にかけて事故が多い。

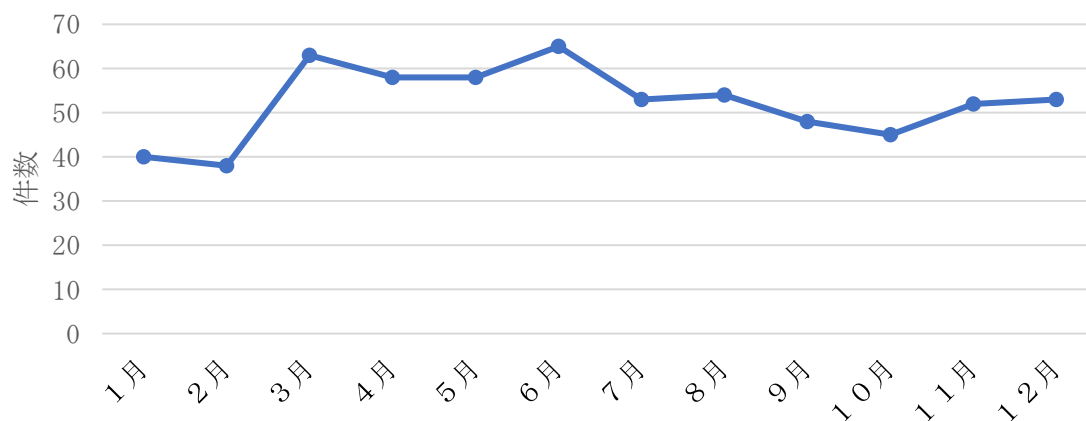


図 3.13 DP 船の月別による事故発生件数(2007 年～2015 年、N=627)

大陸別における DP 船だけの事故の割合(2011 年～2018 年)を図 3.14 に示す。ヨーロッパとアフリカが最も事故が多いことが理解できる。

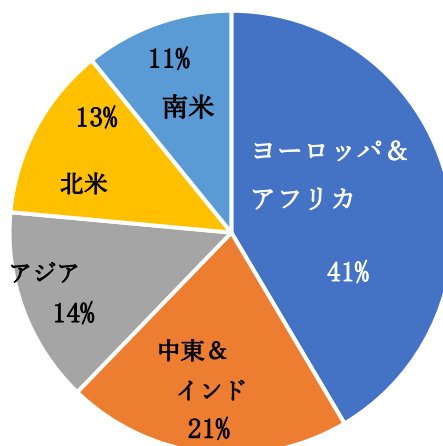


図 3.14 大陸別における海難の割合(2011 年～2018 年、N=323)

2000 年から 2007 年における DP 船による事故の主因を図 3.15 に示す。また、2008 年から 2018 年における DP 船による事故の主因を図 3.16 に示す。2000 年から 2007 年における DPS 事故の主因が最も高いのは PRS であるが、2008 年から 2018 年における DPS 事故の主因が最も高いのは、スラスターとなっている。

2000 年から 2007 年における DP 船による事故種類別を図 3.17 に示す。また、2008 年から 2018 年における DP 船による事故種類別を図 3.18 に示す。2008 年から 2018 年における DPS 事故の種類別が最も高いのは、オフショアであるが、2008 年から 2018 年における DPS 事故の種類別が最も高いのは、貨物となっている。

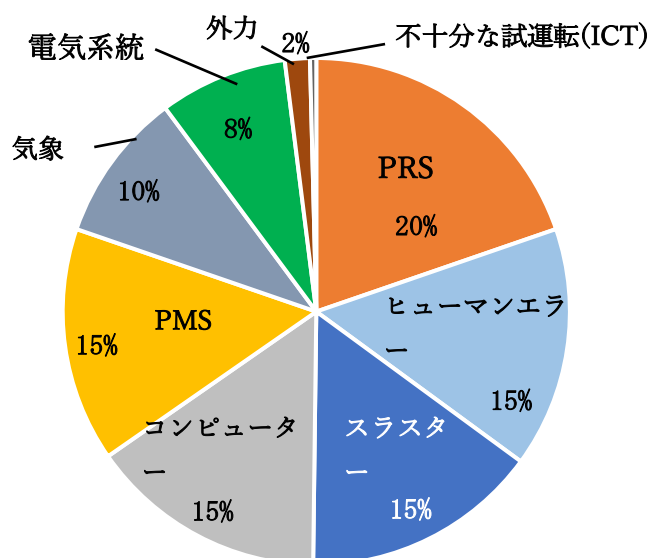


図 3.15 DPS 事故主因 (2000 年～2007 年、N=503)

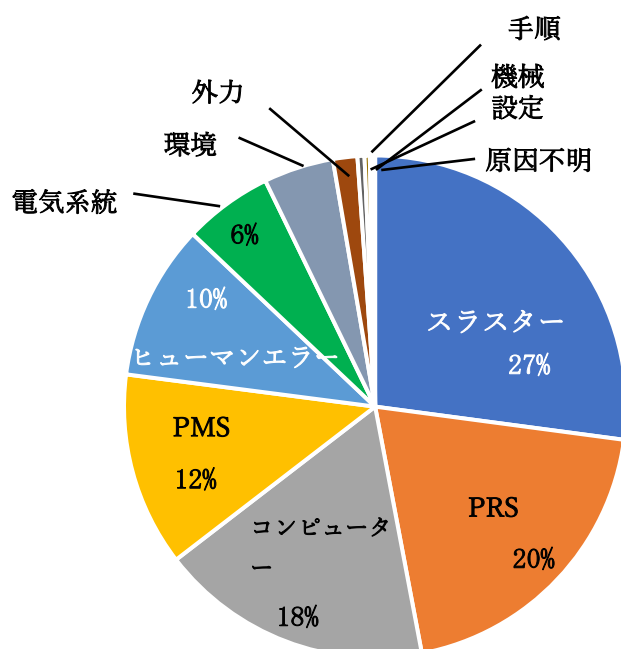


図 3.16 DPS 事故主因 (2008 年～2018 年、N=889)

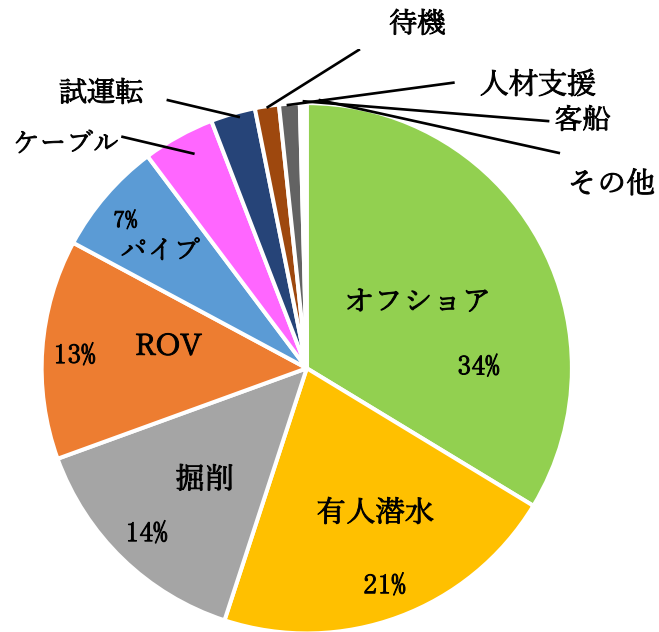


図 3.17 事故種別 (2000 年～2007 年、N=478)

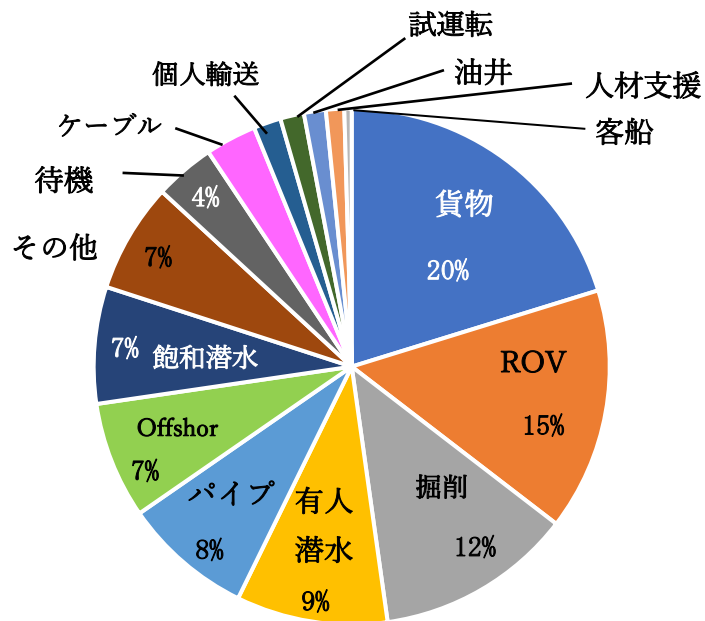


図 3.18 事故種別 (2008 年～2018 年、N=875)

ヒューマンエラーに関する事故種類(2000 年～2007 年)を図 3.19、(2008 年～2018 年)を図 3.20 に示す。図 3.19、図 3.20 からヒューマンエラーに関する事故では潜水作業での事故が多いことが分かった。

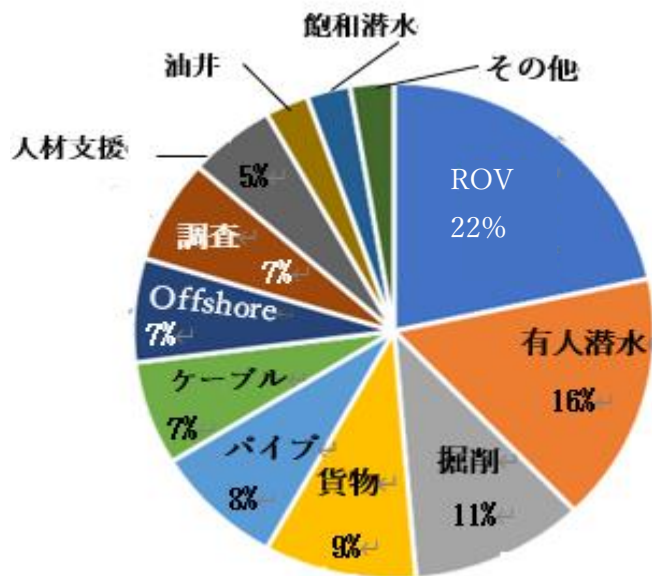


図 3.19 ヒューマンエラーに関する事故種類 (2000 年～2007 年、N=290)

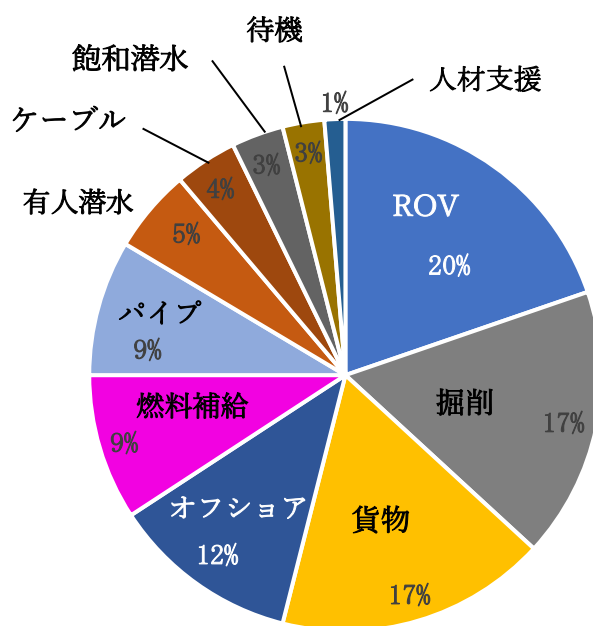


図 3.20 ヒューマンエラーに関する事故種類 (2008 年～2018 年、N=152)

3.4.2 DPS を操船していた平均時間

IMCA 報告書⁶⁾の資料により 1 隻あたりの DPS を 1 人の DP0 が操船した年間操船平均時間 (2015 年～2018 年、単位 ; 時間) を図 3.21 に示す。図 3.21 の結果から、2015 年では 1 隻あたりの DPS を 1 人の DP0 が操船していた平均時間が 4293 時間であった (総隻数 : 41 隻、年間操船平均時間 : 176013 時間)。2016 年では、1 隻あたりの DPS を 1 人の DP0 が操船していた平均時間が 4060 時間であった (総隻数 : 22 隻、年間操船平均時間 : 89324 時間)。2017 年では、1 隻あたりの DPS を 1 人の DP0 が操船していた平均時間が 3089 時間であった (総隻数 : 50 隻、年間操船平均時間 : 154444 時間)。2018 年では、1 隻あたりの DPS を 1 人の DP0 が操船していた平均時間が 3972 時間であっ

た（総隻数：60 隻、年間操船平均時間：238301 時間）。2017 年における 1 隻あたりの DPS を 1 人の DP0 が操船していた平均時間は減少したが、2018 年における 1 隻あたりの DPS を 1 人の DP0 が操船していた平均時間は増加した。

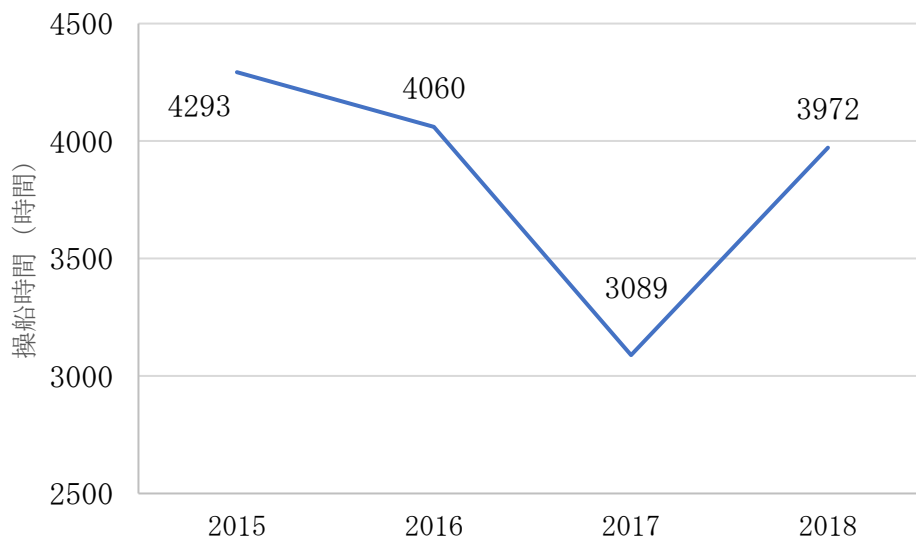


図 3.21 1 隻あたりの 1 人の DP0 が操船した平均時間（2015 年～2018 年、N=403）

1 隻あたりの DPS を操船した 1 日の操船平均時間（2015 年～2018 年、単位；時間）を図 3.22 に示す。1 隻あたりの DPS を操船した 1 日の 1 人の DP0 が操船した平均時間（2015 年～2018 年、単位；時間）は、平均 11 時間であることがわかった。1 日の DPS における平均操船時間が、1 日の一般商船における 1 人の当直者が操船した平均時間（平均操船時間：8 時間）より長いことが分かった。

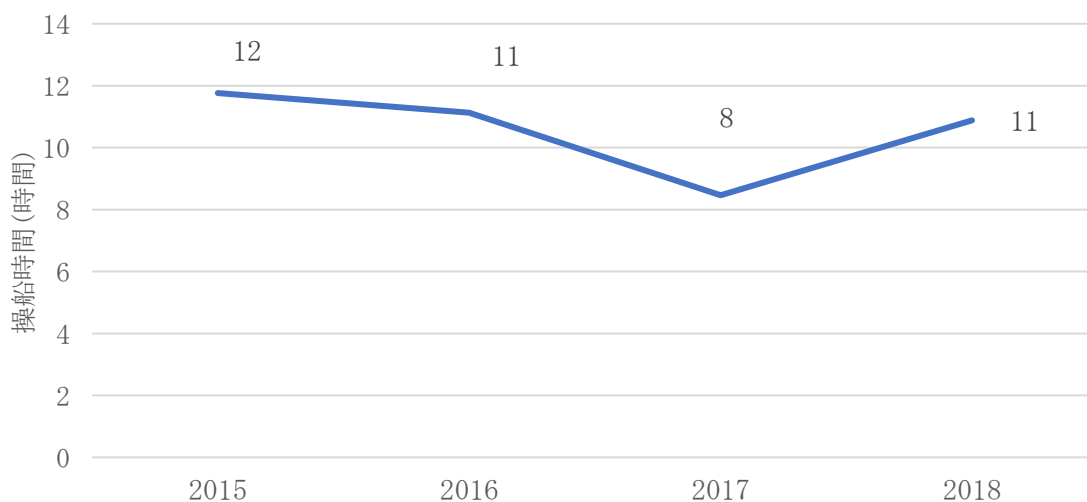


図 3.22 1 隻あたりの 1 日の DPS を 1 人の DP0 が操船した平均時間（2015 年～2018 年、N=403）

3.4.3 DPS の機能にある自動操船のみを操船していた平均時間

自動操船とは、Auto position、Auto track などの機能を使用することを意味する。IMCA 報告書の資料により 1 隻あたりの 1 日の自動操船における平均時間（2015 年～2018 年、単位；分）を図 3.23 に示す。図 3.23 の結果から 1 隻あたりの 1 日の自動操船における平均時間（2015 年～2018 年）は平均 1 時間である。2015 年では 1 日の自動操船における平均時間は、59 分であった（総隻数：41 隻、年間自動操船平均時間：14668 時間）。2016 年では 1 日の自動操船における平均時間は、95 分であった（総隻数：22 隻、年間自動操船平均時間：12761 時間）。2017 年では、1 日の自動操船における平均時間は、42 分であった（総隻数：50 隻、年間自動操船平均時間：12870 時間）。2018 年では、1 日の自動操船における平均時間は、41 分であった（総隻数：60 隻、年間自動操船平均時間：14894 時間）。従って、図 3.23 の結果から 1 隻あたりの 1 日の自動操船していた平均時間（2015 年～2018 年）は約 1 時間であることが分かった。

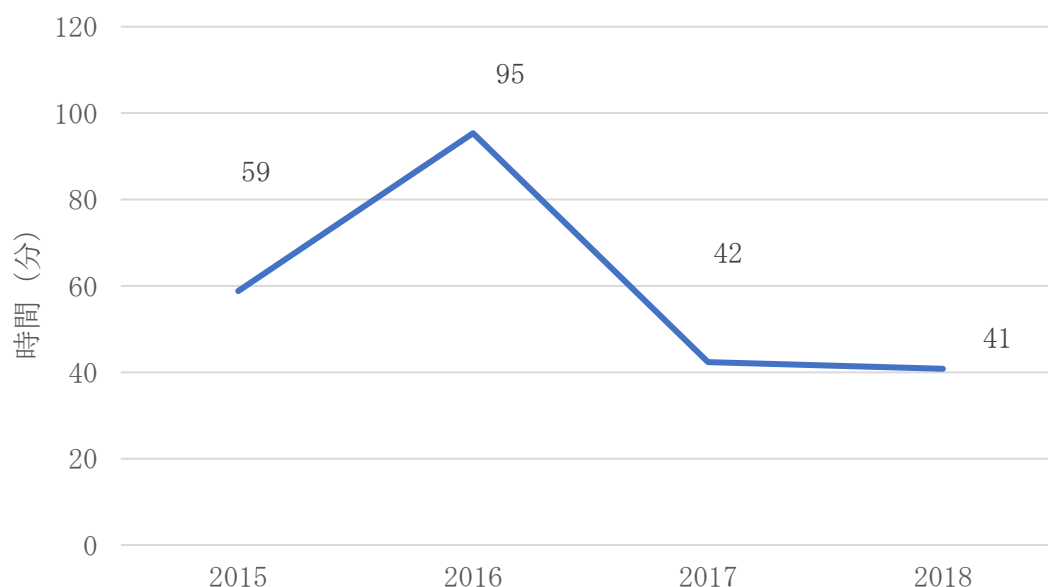


図 3.23 1 隻あたりの 1 日の自動操船における平均時間（2015 年～2018 年、N=403）

3.4.4 DPS が故障していた平均時間

1 隻あたりの 1 日の DPS が故障していた平均時間（2015 年～2018 年、単位；分）を図 3.24 に示す。2015 年では、1 隻あたりの 1 日の DPS が故障した平均時間が 16 分間であった（総隻数：41 隻、年間の故障平均時間：3911 時間）。2016 年では、1 隻あたりの 1 日の DPS が故障した平均時間が 22 分間であった（総隻数：22 隻、年間の故障平均時間：2977 時間）。2017 年では、1 隻あたりの 1 日の DPS が故障した平均時間が 12 分間であった（総隻数：50 隻、年間の故障平均時間：3677 時間）。2018 年では、1 隻あたりの 1 日の DPS が故障した平均時間が 11 分間であった（総隻数：60 隻、年間の故障平均時間：3907 時間）。図 3.26 の結果、2016 年以降における 1 隻あたりの 1 日の DPS が故障していた平均時間は、なだらかに減少傾向にあることが分かった。従って、年々、DPS は故障しにくくなっている。

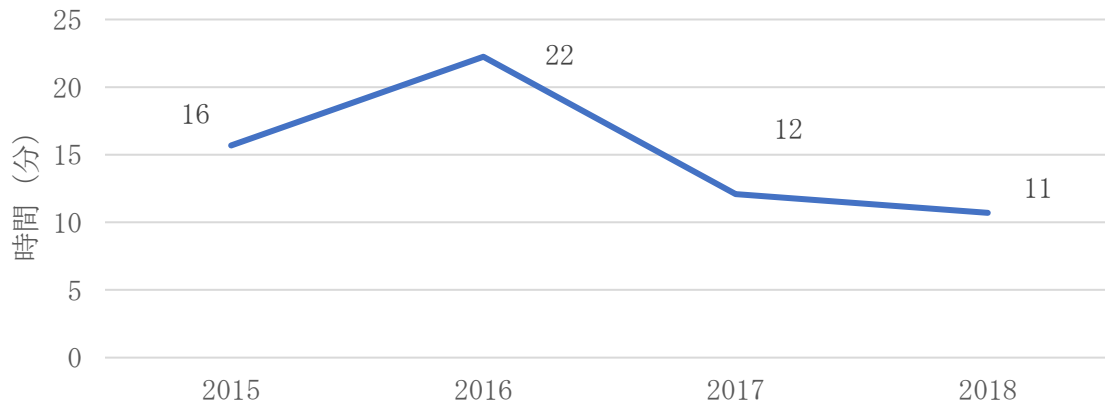


図 3.24 1 隻あたりの 1 日の DPS が故障していた平均時間（2015 年～2018 年、N=403）

3.4.5 深海で発生した DP 操船における海難件数

深海とは水深 200m 以上の海域をいう。2011 年から 2015 年における水深 200m 以上で発生した DP 操船における海難件数を図 3.25 に示す。図 3.25 の結果から 2011 年から 2015 年における水深 200m 以上で発生した平均事故件数が、26 件であることが分かった。図 3.25 では、2011 年で 14 件の事故が発生した。2012 年で、28 件の事故が発生した。2013 年で、29 件の事故が発生した。2014 年で 26 件の事故が発生した。2015 年で、31 件の事故が発生した。深海で発生した DP 操船における海難事故は、2011 年よりも 2015 年の件数が増加し、深海における DP 操船による海難が増加傾向にある。

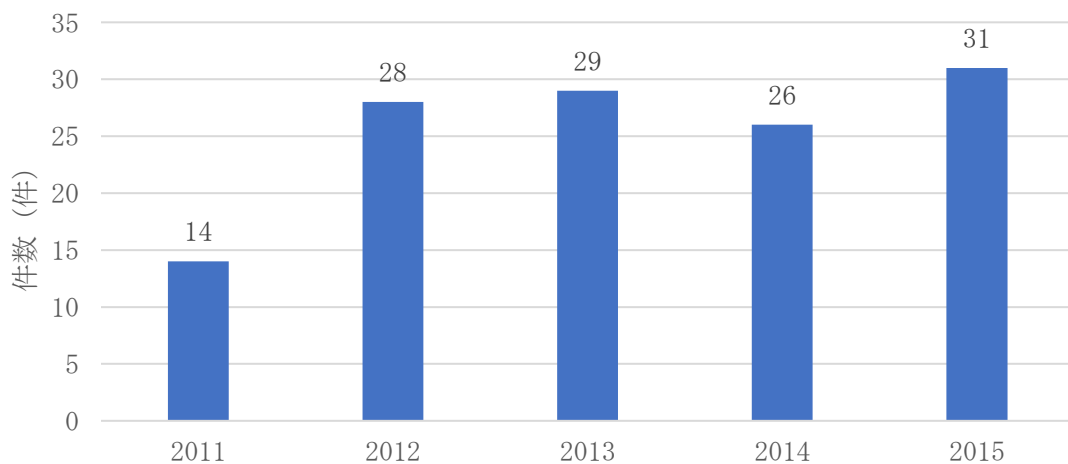


図 3.25 水深 200m 以上で発生した事故件数（2011 年～2015 年、N=128）

3.4.6 年別における DPS の海難種類別（1 位～3 位）

年別における DPS の海難種類別（1 位～3 位）を 2000 年から 2018 年までの表 3.4 に示す。表 3.4 から 2000 年の海難では、有人潜水作業中の事故が多く、2018 年の海難では、貨物作業中の事故が多いことが分かる。

表 3.4 年別における DPS の海難種類別(1 位～3 位、N=1392)

	1 位	2 位	3 位
2000 年	有人潜水	掘削	パイプ
2001 年	有人潜水	オフショア	パイプ
2002 年	オフショア	パイプ	有人潜水
2003 年	有人潜水	掘削	オフショア
2004 年	掘削	オフショア	有人潜水
2005 年	掘削	有人潜水	オフショア
2006 年	有人潜水	パイプ 掘削	オフショア
2007 年	有人潜水	掘削	オフショア
2008 年	オフショア	有人潜水	ROV
2009 年	オフショア 有人潜水	ROV	パイプ
2010 年	貨物	パイプ	掘削
2011 年	貨物	掘削	ROV
2012 年	ROV	貨物	掘削 有人潜水
2013 年	掘削	ROV 有人潜水 パイプ	貨物
2014 年	貨物	ROV	飽和潜水
2015 年	貨物	掘削	ROV
2016 年	有人潜水	貨物	ケーブル
2017 年	掘削	貨物	飽和潜水
2018 年	貨物	ROV	掘削

3.5 Redundancy(冗長性)とは

Redundancy(冗長性)とは、「余剰」を意味し、破壊が全体の機能不全につながらないように、予めネットワークを多重化し、予備の手段が用意されている様な性質を示す⁸⁾。それにより障害が発生した時に、システムがその機能を維持又は復元できる²⁰⁾。冗長性の目的は、破滅的障害、つまり位置や方位の損失を防ぐことである²⁰⁾。DP に対応する船に冗長性を提供することにより、作業の継続又は作業を中断し、DPS の制御下で船を安全に作業場から退出させることができる。

潜水作業、掘削などに使用される DPS は、精度の高い位置保持性能が要求される。また、スラスタ故障等の予期しない事態が発生しても制御が続けることができるような信頼性の高い設計がされている。信頼性を向上する手法の一つとして冗長性がある。以下に冗長性を構成する要素について説明する。

3.5.1 PMS (Power Management System)

現存する全ての DP 船では、PMS が非常に重要な要素である。Computer、HMI、PRS、センサー、Propulsion など、他の DPS を構成する要素が動作するためには、電力が必要だからである。それらの運用や整備は整備部門が担当するが、DP0 も船橋にある発電機に関連するモニターを注視す

る必要がある。発電機の安定供給に支障を生じ、中断されるということは、partial blackout(一部の配電盤のみが起る blackout)や total blackout があるように DPS が位置を保持する機能をさらに実行することが不可能とする²⁰⁾。本船が必然的に drift off 状態(船が設定領域から外れる状態)に転じることを意味する。このような状況は、通常、突然発生し、非常に迅速に悪くなるため、迅速な意思決定が非常に重要であり、本船の発電機に関連する特性をよく把握していることが重要である²⁰⁾。配管、燃料、冷却装置、潤滑油、油圧系統、圧縮空気システムなどの必要な補助機器を含む原動機、発電機、配電盤、ケーブル、UPS など、構成要素は各 DP class ごとに要求される冗長性に応じてその配置方式や数が異なる²⁰⁾。

3.5.2 スラスタ

DPS を搭載した船は surge、sway、yaw 方向への船舶の移動を制御するため、適切なスラスタの搭載が必要である。DP class 2、DP class 3 では、船に搭載されているスラスタシステムの特定のスラスタ 1 台が故障 (single failure) した場合でも外力による船舶の surge、sway、yaw 方向にモーメントで補うことができるようにスラスタ機能が搭載されている²⁰⁾。

3.5.3 PRS (Position Reference System)

最も代表的な PRS は、GPS(Global Positioning System)である。この他にも音波を利用する HPR (Hydroacoustic Position Reference)、レーザを利用した Fanbeam、システムの物理的な配線を利用した Taut-wire、電波を使用する Artemis など、様々な装置が使用環境に合わせて搭載されて使用されている²⁰⁾。GPS は全地球的な位置表示装置である一方、HPR、Artemis、Fanbeam、Taut-wire などは、特定の目標物との相対距離と方位を測定し、位置を確認する方式である。DP 船は本船の位置を確認する役割をする GPS (SBAS)、Taut-wire、レーザシステム (Fanbeam ,Cyscan、SpotTrack)、HPR、Artemis、Radius など様々な場所への PRS が搭載されている²⁰⁾。

DP 船は基本的に本船の位置を確実に継続的に確認する必要があるため、様々な種類の PRS を搭載して同時に使用する。船級要件によれば、DP class 2、DP class 3 では、少なくとも 3 種類 (IMO は 2 種類以上の要求) 以上の PRS が搭載されている²⁰⁾。

3.5.3.1 GPS (Global Positioning System)、GNSS (Global navigation satellite system)

GPS は、周辺の障害物電離層、衛星軌道エラー、緯度によるエラー、GPS 衛星と受信装置が持っている時計の誤差など、様々なエラー発生要因を持っている。これらに関連するエラーが DP 船の位置の損失における事故と大きな関連性を持っている。ほとんどの DP 船が Radius、センサー (Gyro、MRU、Wind sensor)、HPR を備えている。そのため、多くのシステムを設置して使用するため、位置の損失による事故が多いことが分かる。GPS、GLONASS 等の衛星がどの位置にあるかを図 3.26 に示す²⁶⁾。図 3.26 は、円の上下が観測地点から北と南、円の左右が東と西の方向を示している。外側の円 (実線と破線) は仰角 0° (水平線)、円の中心である天頂の仰角は 90° を表している。ただし、時間が経つと衛星の配置は変化する。複数の衛星測位システムの組み合わせが、位置の精度を安定させる。

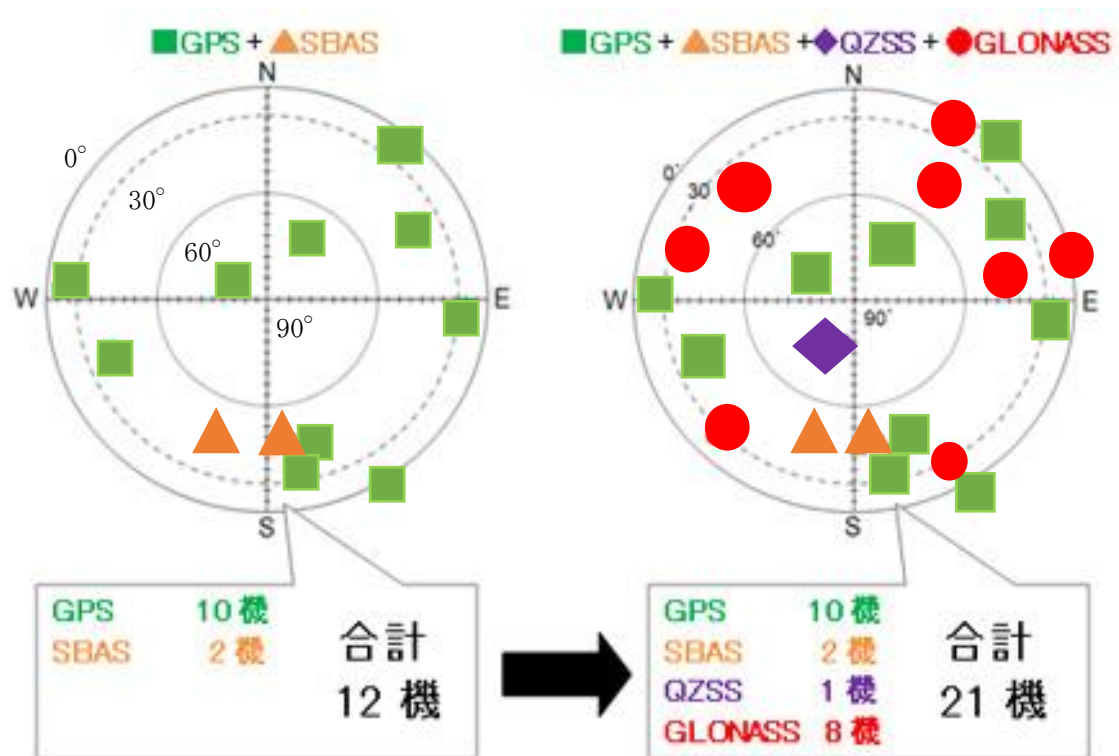


図 3.26 各衛星測位システムの衛星位置図

3.5.3.2 HPR (Hydroacoustic position reference)

HPR は音波を利用して本船のトランスデューサ(Transceiver)と海底に設置された transponder の間の距離と方位を測定する。USBL(Ultra-short baseline)transponder を図 3.27 に示す²⁰⁾。USBL transponder は近年、機能性が良くなり、小型な USBL transponder を使用する。USBL transponder の位置は、船に取り付けられた USBL Transceiver を基準に位置情報を得る。USBL transponder と USBL Transceiver と HPR workstation を図 3.28 に示す²⁷⁾²⁸⁾。DPO は HPR workstation のモニター画面を見ながら、位置や精度を確認する。



図 3.27 transponder

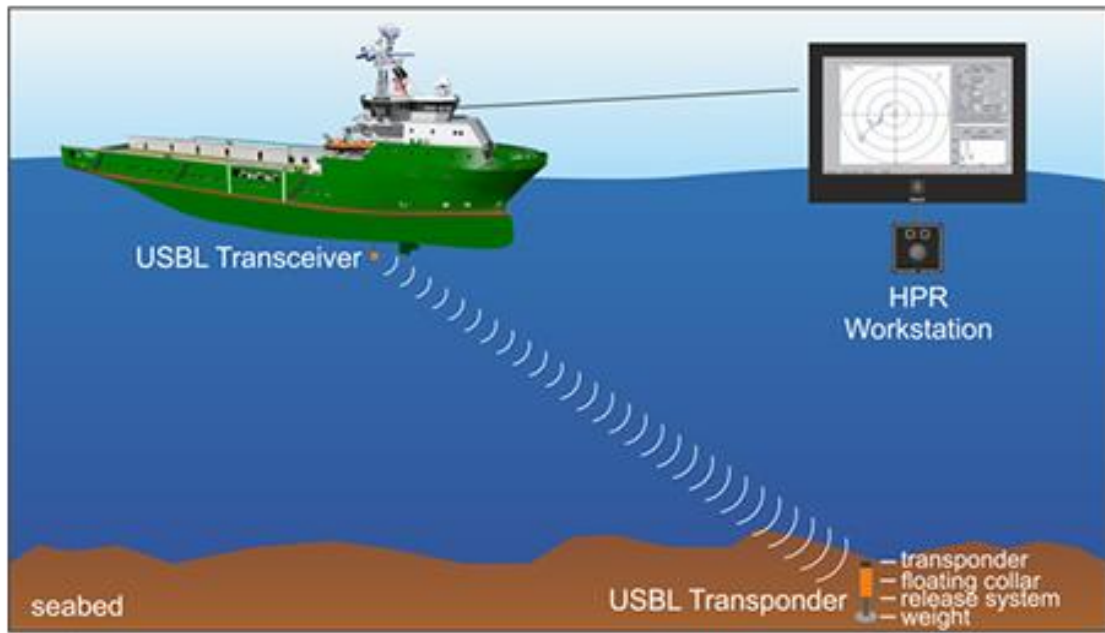


図 3.28 HPR

3.5.3.3 Taut wire

Taut wire を図 3.29 に示す²⁹⁾。Taut wire とは、海底に出されたワイヤーの角度と長さの変化を測定し、位置を確認することができる PRS である。相対的な位置を把握するために使用される装置で、音波や電磁波やレーザのような物理的に目に見えない装置ではなく、機械式ワイヤーを使用するということが他の PRS との相違点である。船の位置確認は、海底に固定された weight の角度と水深の測定を通じて位置を継続的に計算して確認するようになっている。



図 3.29 Taut-wire

3.5.3.4 Artemis

Artemis を図 3.30 に示す³⁰⁾。Artemis system は動く物体の位置を正確に確認し、位置を決定するためにすでに知られた固定位置に Artemis 用アンテナを設置して使用する。また、効率的で設置が簡単で雨や霧などによって影響を受けないので、DP 機能として PRS で最も理想的であり、DPS と一緒に使用されている。



図 3.30 Artemis

3.5.3.5 Laser system

Laser system は、laser を利用して相対距離と方位を測定することができる装置である。CyScan³¹⁾、SpotTrack³²⁾、Fanbeam³³⁾ を図 3.31 に示す。図 3.31 の右側の装置は Cyscan、中央の装置が SpotTrack、右側の装置が Fanbeam である。

Cyscan、SpotTrack、Fanbeam は、目標を Laser system に自動的に追跡し、位置を確認する装置として DPS に多く使用している。Cyscan、SpotTrack、Fanbeam は通常、一度に 1 つの目標物のみを追跡することができるようになっている。



図 3.31 Cyscan、SpotTrack、Fanbeam

3.5.3.6 RADius

RADius³⁴⁾ は、レーダ技術を利用して信号を発生する機械が transponder の間の距離と方位を測定する。基本的に近接した構造物用に開発された短距離用システムである。RADius を図 3.32 に示す³⁴⁾。図 3.32 の右側の装置がモニターである。また、図 3.32 の左側と中央の装置が受信機である。



図 3.32 RADIUS

3.5.4 DP 船のセンサー (wind sensor、gyro、vertical reference system)

DP 船はセンサー (wind sensor、gyro、vertical reference system をいう) からくる正確な信号に完全に頼るので、各センサーに問題が発生することに備えている。DP class2 又は class3 の船にはこれらのセンサーを各種類 3 台搭載する必要がある。基本的には DP 船の重要なセンサーは主に gyro、wind sensor、VRS 又は MRU の 3 つである。DPS に接続された同じ種類のセンサーは独立的に配置されるように 1 台の故障が他のものに影響を与えないようにしなければならない。DP class3 では異なる種類のセンサーのいずれかは A-60 class 区画によって分離された back-up 制御システムに直接接続されて搭載されるように要求している。

3.5.4.1 Gyro

DPS は方位情報を gyro compass から得る。DP class に応じて 2 台又は 3 台の gyro compass が搭載される。通常、船橋やバックアップ DP 制御室 (DP class3) などに分かれて設置される。設置された gyro compass が異なる方位情報を提供する場合、DPS はこの両方の違いが所定の設定値を超えた場合、gyro difference error のような警報を発生させる。DP0 は、どちらの gyro 方位の値を続けて DPS を使用するかを決定するために、magnetic compass の方位を参考にする。magnetic compass はクレーン作業などのように、船体磁気に影響を与えることができる要因による誤差が生じる場合がある。

3.5.4.2 MRU (Motion Reference Unit)、VRS (Vertical Reference System)

DP controller は Taut-wire、HPR などの PRS の位置情報の精度が本船の roll と pitch motion により低下を防止するために、持続的かつ正確な本船の roll、pitch の情報を必要とする。もしこの動作が補正されない場合、本船の位置が実際に移動したとみなされ、誤動作を起こす危険性が増加する。MRU と VRS は誤動作を補正する役割を担う。MRU を図 3.33 に示す³⁵⁾。MRU は、近年、一般的に VRS よりも使用されている。VRS を図 3.34 に示す⁷⁾。また、roll、pitch、heave data は数値やグラフの形で DPS の Human Machine Interface (HMI) に表示される。しかし、heave motion は垂直運動として本船の位置補正に遅く、直接的な影響を与えないので、DPS には使用されない。



図 3.33 MRU (Motion Reference Unit)

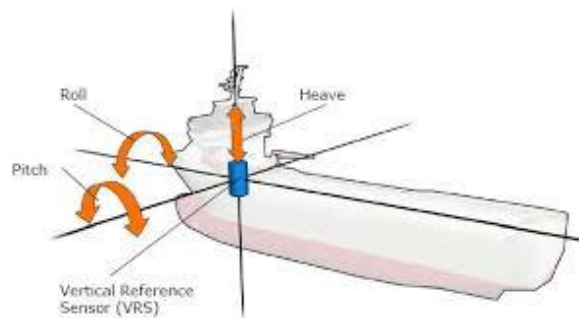


図 3.34 VRS (Vertical Reference System)

3.5.4.3 Wind sensor

DPS は船体を受ける風による外力を測定する。Wind sensor³⁶⁾ を図 3.35 に示す。DP computer の計算に使用するために風向と風速を測定する。通常、Wind sensor は、DP class によって、Radar mast、掘削船のデリック上部に障害物の少ないところに置く。DP 船では、機械式 (回転式) と音波測定式がある。超音波式の場合は機械式とともに使用され、1 回の故障が複数のシステムに連鎖的な故障を起こさない。



図 3.35 Wind sensor

3.5.4.4 DARPS (Differential Absolute and Relative Positioning Sensor)

2 隻の船は DARPS を使用し、Tandem³⁷⁾している状況を図 3.36 に示す。GPS による 2 隻の船舶の位置を UHF link で相互に交換し、2 隻の船舶間の距離を確認し、一定の間隔を維持するように支援するシステムである。



図 3.36 Tandem イメージ図

3.6 冗長性と事故の関係

Redundancy (冗長性) はシステム全体のリスクを軽減することができる。また、冗長性は予期せぬ危機の場合、脅威（想定外の事態）に対して安全策（バリア）を定量的に引き上げる。航海計器、測位システム（衛星等）は、データ情報に対して人間から指示されたとおりに排他的に反応する。しかし、システムは全ての脅威（想定外の事態）と危険な状況を予測することは原則として不可能である。これは複雑化するシステムや状況によって想定されていた事故シナリオから外れる事例が起こるからである。システムは、既知又は考えられる事故シナリオのリスクアセスメントは開発できるが、想像を絶する事故シナリオが存在する問題（未曾有の事故）は解決できない。

今日、知識と経験を創造性で組み合わせ、新しい状況に柔軟に対応できるのは人間だけである。したがって、人間はシステムになかったアイディアを考え、チームで創造的な打開策を決めることができる。一方、人間はストレスの多い生活環境にうまく対処できる能力（レジリエンス）が必要である。これは人間が予測できない又は限られた範囲でしか予測できない状況や混乱状態で、システムの機能を維持できる能力を意味する。この能力はシステムから得られた多くの情報を使いこなす知識と忍耐力も必要である。したがって、DP 船における海難では、DPO はシステムの機能や冗長性の活用をするとともにチームで考えられる創造的な解決策の追求やストレスがある環境でうまく対処できる能力が求められる。

3.7 結語

IMCA⁴⁾が報告している海難の資料をもとに検証をした。IMCA 報告書は、DP 船の海難を検証する上で活用される。DPS のクラス別では、DP class2 が最も事故が多く、ヨーロッパやアフリカを中心に海難が多く発生している。月別では、事故発生件数は、1 月から 2 月は 40 件程度、3 月から 6 月は 60 件程度、7 月から 12 月は 50 件程度であり、3 月から 6 月にかけて事故が多く発生していることが分かった。また、2011 年から 2015 年の 5 年間で発生した水深 200m 以上（深海）で発生した事故件数は増加傾向にある。近年、DPS の海難報告書における主因はスラスタ、コンピュータ、PRS、PWS といったハードウェア面が多く、海難の主な要因となっている。しかし、DP 船における事故報告書の一因を見ると、DPO によるヒューマンファクターといったソフトウェアに関するものである。また、ヒューマンエラーに関する事故種類では潜水作業中での海難が多く発生していることが分かった。

DPO が、PRS、センサーを利用して位置情報を得る。主に使用する装置は、PMS、スラスタ、DGPS、DGNSS、HPR、Taut-wire、Laser system、RADIUS、gyro、VRS、MRU、DARP である。DPO は、これらの計器を利用して適切な情報を入力し、本船の位置や誤作動が発生していないかを判断する。DPS は、船級協会によって、DPS Class に定められる冗長性のルールである自動船位保持設備を構成する装置である。また、動的な装置のいずれか一つが損傷した場合、位置を保持する能力を喪失することがあってはならないとしている。また、DPO はセンサー構成、アクチュエータ構成、十分に冗長性を考慮した構成となっているかを確認する必要がある。

第4章 CREAM を適用した DP0 の認知行動の分析

海難はヒューマンファクターに起因していると言われており¹⁾、第2章でヒューマンファクター(Human factor)について、Edward¹⁰⁾とHawkins¹⁰⁾、黒田¹¹⁾の定義を述べ、航空や医療分野、原子力分野など幅広く使われている考え方(用語)であることを示した。また、ヒューマンエラーについては、Swain¹³⁾、井上¹⁴⁾の定義を述べた。

本研究では、DP 船におけるヒューマンエラーに関する研究が日本では少ないため、DP0 が操船した行動の信頼性を評価する分析手法を検証する。DP 船の海難でのヒューマンエラーを調査したところ、2000 年から 2007 年に比べて、2008 年から 2018 年にかけて海難の多くがスラスタに起因している。ヒューマンエラーについては、2000 年から 2007 年の 15%に比べて、2008 年から 2018 年の方で 10%と海難事故に占める割合は低下しているものの、海難件数の増加に伴い、11 年間で起きた事故件数は 75 件から 89 件へと増加している。さらに、海難の主因として最も多いスラスタ、PRS も人的な作業を含むことから、ヒューマンエラーの防止は海難の減少につながるものが強く期待される。

また、第3章の図 3.20 のヒューマンエラーに関する事故種類では、ROV と掘削の事故が多いことが分かった。人間はシステムを操作しており、それを制御又は監視している。海難を引き起こすヒューマンエラーの要因を探索する先行研究では、事故を引き起こした責任を単に船舶運航者に課すのではなく、ヒューマンエラーによって引き起こされた事故の原因を分析し、事故の対策を検討することの必要性が主張されており¹⁾、システム全体から内包するヒューマンエラーの要因を探る必要があることを指摘している。

本研究では、DP 船のヒューマンエラーの抑止を目的として、原子力分野の分析手法である人間信頼性解析手法(HRA: Human Reliability Analysis)の CREAM(Cognitive Reliability and Error Analysis)⁶⁾で提案されている CPC (Common Performance Condition)を用いた海難の分析を行う。CPC については、DP 船に特化したものに改良することにより、DP0 のタスクと一定の作業環境下で DP0 の行動の信頼性評価の分析手法を新たに確立する。まずは、ヒューマンエラーに基づいた DP 船における海難事故分析用チェックシートの作成を行い、DP 船の海難事例を CREAM の手法で検討する。

4.1 DP 船における海難要因分析手法

4.1.1 CREAM (Cognitive Reliability and Error Analysis)の特徴

CREAM(Cognitive Reliability and Error Analysis)⁶⁾は、原子力分野でヒューマンエラーの分析に使われる人間信頼性解析手法(HRA: Human Reliability Analysis)の一つである。HRA の分析に従って 1998 年に Eric Hollnagel によって開発された CREAM は、人間の認知的側面を積極的に取り入れた HRA 手法である。HRA には、第一世代人間信頼性解析手法、および、確信的エラーへの対応や人間行動の決定メカニズム(認知心理)を考慮することにより第一世代人間信頼性解析手法の欠点を克服した第二世代人間信頼性解析手法がある。三友らは海難分析に用いるための人間信頼性解析手法としては、緊急時における組織の意思決定過誤の評価の必要性等から、第二世代人間信頼性解析手法が適当であると指摘している³⁹⁾。この第二世代人間信頼性解析手法と

しては、米国の ATHENA やスウェーデンの CREAM 等がある。

本研究の目的がヒューマンエラーの要因レベルの抽出であることから、スクリーニング手法レベルの解析で対応可能であると考え²⁾、スクリーニング手法を持つ CREAM を採用する。

なお、スクリーニング手法は、事故の時系列を構築し、人間の行動環境を評価したうえで、その人間の認知行動の特徴を決定する手法である。

4.1.2 CPC (Common Performance Condition)

CREAM の特徴は人間行動がなされる状況・環境の特徴を CPC という概念で評価することである。CPC は、人間、組織、技術の 3 要素から構成される全体を Context (文脈) と捉える概念であり、CREAM では 9 種類の CPC が定義されている。具体的には、CPC というヒューマンファクターを表す概念を導入することにより、人間の行動環境の定性的解析を行うと共に、評価の閾値を設定することで人間の認知行動を定量値に換算することができる⁶⁾。CPC が次に示す 9 つの要素で構成されている⁶⁾。

1. 組織因子 (Adequacy of organization)
2. 作業環境 (Working conditions)
3. マンマシンインターフェイス
(Adequacy of man machine interface and operational support)
4. 運転手順書 (Availability of procedures/pans)
5. 同時に達成する目標 (Number of simultaneous)
6. 時間余裕 (Available time)
7. 時間帯 (Time of day)
8. 訓練・経験 (Adequacy of training and experience)
9. クルー協調 (Crew collaboration quality)

4.1.3 商船分野での応用例

商船分野では CREAM を用いた認知行動の分析に関する研究が行われている。例えば、伊藤らは CREAM を用いたヒューマンファクターに基づく海難分析手法を提案し、コンテナ船の衝突事故に至るまでの作業者の認知行動と背後要因を総合的に説明した⁴⁰⁾。また、三友らは CREAM を用いたヒューマンファクターに基づく海難分析手法を採用し、海難分析に特化した CPC を提案し、衝突海難分析用 CPC が衝突以外の海難に適用可能であることを示した³⁹⁾。

以上のように商船分野での海難に至るまでの認知行動の分析に CREAM を応用できることが示されている。一方で、オフショア分野を含む、商船分野以外の海難の分析に CREAM の適用例はほとんどない。したがって、本論ではオフショア分野の海難を分析するために、DP 船に特化した CPC を提案し、事故事例の分析を行う。

4.1.4 DP 船における海難分析に特化した CPC の検討

9 種類の CPC 間には依存関係が定義されており、依存関係にある CPC に調査対象を広げること

で作業者や管理者の認知過程を含めた解析の質を高めることができる。ただし、CPCはDP船の海難に特化したものでないことから、CREAM手法の導入のためにCPCをDP船における海難に特化したものに修正することが必要である。以下、本論筆者が修正した9種類のCPCについて各々の内容を説明する。また、DPO Operator Handbookを参考²⁰⁾にして、修正した9種類のCPC評価を図4.1に示す。

(1) FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)の適合性&組織の安全管理システム (CPC1)

FMEAは、故障がどのような原因で起きるかを未然に防ぐことで原因を予測し、その対策を立てる手法である。故障やFMEAの適合性&組織の安全管理システムは、チームメンバーの役割と責任の質、通信システム、安全管理システム、外部志向の活動に関する指示などが含まれている。MMI (Man Machine Interface :人間が手や足などを使用して指示を与えるための手段、例：スイッチ、ボタン、液晶画面等)の活用とWSOG (Well Specific Operating Guidelines :DPSの警報に関するガイドライン) 支援の必要性は、手順や計画の有効性、訓練と経験の妥当性及び乗組員の質と同様の関係性がある。また、良い組織は労働時間の変更の悪影響を最小限に抑えることができる。

(2) DP 当直状況 (CPC2)

DP 当直状況は、船橋当直環境を示すものである。DPO に関しては、コミュニケーション不足、自信損失、過信、チームワーク不足、システムの理解、責任、意見の対立、経験不足があげられた。DPO 以外のエンジニアに関しては、傲慢、自信損失、過信、コミュニケーション不足、管理能力の欠落に影響等が挙げられる。

(3) PRS の適合性 (CPC3)

PRS の適合性とは、DPO が PRS を適切に使用しているか、PRS の数が適切であるか、PRS のエラーを確認したか、PRS の設置場所が適切であるか、PRS の冗長性の確保、PRS の管理、PRS の感度調整、PRS の作業前点検についての項目である。

(4) 操船計画又は操船手順の適合性 (CPC4)

操船計画又は操船手順の適合性には、運用手順と緊急手順、日課などが含まれる。MMI と運用支援の適用性の場合、操船計画又は操船手順の適合性は、設定した目標（警報レベルの設定等）の数と利用可能な時間（操船する時間等）に影響を与える。MMI と運用支援の適用性は、労働条件に直接影響する。MMI と運用支援が不十分な場合、労働条件が明らかに悪化し、同時に設定した目標の数と利用可能な時間に大きな影響を及ぼす。MMI が改善されると、設定した目標の数が減り、同時に利用可能な時間が増加する。

(5) LOP (Loss of position)を防ぐための設定及び位置保持の設定 (CPC5)

LOP (Loss of position)は、DPO が位置を測定できなくなった状態を意味する。LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定は、操船者が位置を失った場合、位置を決定すること及び位置保持

が必要な場合、位置を保持するための労力を意味する。複数の目標の評価など目標が多い場合、効率的な時間が減少する。従って、効率的な時間が直接影響する。

(6) 警報又は作業中における十分な時間 (CPC6)

警報又は作業中における十分な時間は、仕事を実行するための効率的な時間を意味する。効率的な時間が減少するにつれて作業条件が悪化する。

(7) 時間帯 (CPC7)

時間帯は、仕事が行われる時間、特に人が現在の時間をうまく利用できているかどうかである。典型的な例は、交代勤務の影響である。時間が仕事の質に影響を与え、通常の航海当直から夜間当直にシフトした勤務時間帯が乱れると認知行動が低下する。具体的には、不効率的な行動が有効な時間の減少に繋がる。効率的な時間への影響と同様に労働条件への影響になる。

(8) DP0 の能力 (CPC8)

DP0 の能力は、操船者である DP0 の訓練の質を意味する。また、DP0 の能力は DP0 の運用経験のレベルも意味する。訓練と経験の適正は労働条件と効率的な時間及び乗組員の協力の質に影響を与える。訓練と経験が優れているほど、労働条件は改善され、より多くの効率的な時間を利用することができるようになる。

(9) コミュニケーションと情報共有 (CPC9)

コミュニケーションと情報共有は、通常の状態と事故が起きた時の状態の両方にとって重要である。うまく連携して作業を行う乗組員間では、仕事が効率的に実行され、必要なコミュニケーションが減る。誤った内容が頻繁に伝えられた場合でも、時間内に改善されると、仕事の負担が緩和される。効率的なコミュニケーションの使用によって、誤解が避けられ、乗組員の協力の質が高まる。

図 4.1 に示す修正した 9 種類の CPC 評価項目のチェックの例を CPC1 から CPC9 に示す。修正した 9 種類の CPC 評価項目の一番上に“良い (+1 以上) 標準 (0) 悪い (-1 以下)”と記載した。”良い (+1 以上) “の判断基準は、DP0 が実行できた点 (上手くいった点) が 1 個以上ある場合であり、“標準 (0) ”の判断基準は、記載がない場合であり、“悪い (-1 以下) ”の判断基準は、DP0 が実行できなかった点 (失敗した点) が 1 個以上ある場合とした。修正した 9 種類の CPC 評価項目の右横の “Improved”、“Not signification “、“Reduced” は、例えば CPC2 の DP 当直状況が、“良い (+1 以上) “に該当した場合、“Improved” を選択することになる。

修正した 9 種類の CPC 評価項目		良い (+1 以上)	標準(0)	悪い (-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性&組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

図 4.1 修正した 9 種類の CPC 評価

4.1.5 DP 船における海難要因を修正した 9 種類の CPC と各評価項目及び細目

DPO の行動決定及び DPO の行動に影響を与える因子を CPC で評価することで、定量的かつ定性的な解析の質を高めることができる。また、CPC 評価項目を分かりやすく表現することで、DPO の行動における CPC の影響を HRA の専門家でなくても取り扱うことが可能となる²⁾。そして、修正した 9 種類の CPC を DP 船における海難分析に特化させることで、DP 船の海難防止策を構築することができる²⁾。

本研究では、DP 船における海難分析に特化した CPC で評価するために、第 2 章で述べたヒューマンエラーに起因する ROV 作業、掘削作業等における DP 船の海難事例を分析し、修正した CPC で検証した。

ヒューマンエラーに起因した ROV 作業、掘削作業等における DP 船の海難事例を表 4.1 に示す。DP 船の海難事例を選定した基準は、① DP 船の海難事例における時間帯や時系列が示されている。② ヒューマンエラーに起因すること、③ DPO の行動が、明確に報告書に記述されていること⁴⁾、④ 第 3 章の表 3.4 で示した DP 船における海難の上位第 1 位から第 3 位であること、⑤ 最近の海難の事例であることとした。

表 4.1 主な調査対象とした海難の事例

主な調査対象とした海難の事例	事故の種類	資料	3つの段階
Lack of Planning and Situational Awareness Causes	ROV 操船	IMCA M 246 (2017 年)	DP incident
Check of the Ups led to Loss of Power	ROV 操船	IMCA M 246 (2017 年)	DP incident
Thruster Command and Feedback Differences Leads to	掘削操船	IMCA M 246 (2017 年)	DP incident

CPC を DP 船における海難に特化したものに修正し、海難分析用にチェックシートを作成した。さらにこのチェックシートを用いて海難分析を行い、DP 船における海難分析用に修正した 9 種類の CPC で検証した。DP 船の海難要因を修正した 9 種類の CPC と各評価項目及び細項目の例を表 4.2 から表 4.10 に示す。表 4.2 から表 4.10 の各細項目は、2000 年から 2018 年の DP 船の事故で多かった項目をまとめ、各細項目を決定した。評価の細項目を表 4.2 から 4.10 に示す。

表 4.2 細項目 1 (FMEA の適合性&組織の安全管理システム)

1	FMEA は適切であるか	6	DPO のログブックは適切に記載されているか
2	マニュアルの更新が行われているか	7	WSOG(ガイドライン)でのリスク分析は行われたか
3	現在のマニュアルは適切であるか	8	会社は国際ルールに遵守しているか
4	DPS(航海計器)のテストは実行されたか	9	会社は安全対策をしているか
5	会社のマニュアルは適切であるか		

表 4.3 細項目 2 (DP 当直状況)

1	船橋	船橋の当直環境は良いか	10	DP0 以外の	傲慢
2	DPO	コミュニケーション不足	11	エンジニア	自信損失
3		自身損失	12		過信
4		過信	13		コミュニケーション不足
5		チームワーク不足	14		管理能力の欠落
6		システムの理解			
7		責任			
8		意見の対立			
9		経験不足			

表 4.4 細項目 3 (PRS の適合性)

1	PRS の数は適切であるか
2	PRS は適切に更新しているか
3	PRS は適切に使用しているか
4	作業前に PRS のテストを完了しているか
5	PRS のエラーを確認したか
6	PRS の設置場所は適切か
7	PRS の感度は調整したか
8	PRS の冗長性は確保されているか

表 4.5 細項目 4 (操船計画又は操船手順の適合性)

1	計画した位置又は方位が適切であるか
2	計画した手順で行われているか
3	計画した DPS の数及び状態が適切であるか
4	天候状況は適宜、確認しているか
5	ヘリの使用等緊急の計画が行われているか
6	リスク分析の詳細はされているか
7	手順又は計画が理解されているか
8	操船計画通りに進んでいるか
9	DPO は、DPS に頼りすぎていないか

表 4.6 細項目 5 (Loss of position (LOP)を防ぐための設定及び位置保持の設定)

1	操船中、位置を保持しているか
2	方位設定は適切であるか
3	位置保持のためのシステムテストを行ったか
4	目的地から離れたとき、警報の設定を行ったか
5	WSOG (ガイドライン) のような緊急レベルの警報設定を行ったか
6	悪天候のための位置制御を行ったか
7	DP foot print 等(付録 10)を使用したか
8	発電機の負荷のため、位置保持を行ったか
9	スラスターの負荷のため、位置保持を行ったか

表 4.7 細項目 6 (警報又は作業中における十分な時間)

1	警報中、十分な時間はあったか
2	DPS と他の計器を確認する時間があったか
3	他の作業の問題はあったか
4	チェックシート(付録 11)をする時間があったか
5	ブリーフィングをする時間があったか
6	デブリーフィングをする時間があったか
7	DPO は、適切な引継ぎを行う時間があったか
8	DPO は、十分な睡眠はあったか
9	DPO は、適切な訓練をした SDPO と作業する時間があったか

表 4.8 細項目 7 (時間帯)

1	日出 (4 時から 8 時まで)
2	昼間 (8 時から 16 時まで)
3	日没 (16 時から翌朝 4 時まで)

表 4.9 細項目 8 (DPO の能力)

1	DPO が誤ってボタンを押したか
2	操船中の居眠りはないか
3	DPO が DPS の操船を熟慮しているか
4	DPO が誤った認識をしていなかったか
5	火災装置等の危険物の取扱いを確認しているか
6	DPO は適切な引継ぎを行っているか
7	会社のマニュアル又は国際ルールに従っているか
8	DPO は定期的に他の機器を確認しているか
9	DPO は緊急の対策を実行できたか

CPC9 (コミュニケーションと情報共有)の細項目 9 を表 4.10 に示す。表 4.10 は、3 項目である。3 項目は DPO と SDPO のコミュニケーション(情報共有)をしているか、DPO とエンジニアのコミュニケーション (情報共有) をしているか、DPO と OIM(Offshore Installation Manager:オフショア施設の管理者)又は船長のコミュニケーション (情報共有) をしているかである。

表 4.10 細項目 9 (コミュニケーションと情報共有)

1	DPO と SDPO のコミュニケーション(情報共有)をしているか
2	DPO とエンジニアのコミュニケーション (情報共有) をしているか
3	DPO と OIM 又は船長のコミュニケーション (情報共有) をしているか

表 4.11 に表 4.3 の細項目にしたがって記入した実施例を示す。表 4.11 に示した DP 船の海難要因を修正した 9 種類の CPC と各評価項目及び細項目の評価に対し、例えば CPC 良い +1 以上、標準 0、CPC 悪い -1 以下を与えることで、DPO が上手くいった行動と失敗した行動の数値化が可能となる⁴⁾。表 4.11 の示した評価基準は、CPC 良い +1 以上、標準 0、CPC 悪い -1 以下の合計した値は「+1」、「0」、「-2」となった。最後に、求めた数値「+1」、「0」、「-2」を合計した値が最終的な値「-1」となる。表 4.12 は、CPC1 から CPC9 の合計の一例を示した。表 4.12 の数値は、CPC1 から CPC9 の細項目の CPC 良い+1 以上、標準 0、CPC 悪い-1 以下を集計した合計値である。表 4.12 を使用して 4.2.2 の図 4.4 を作成する。詳細は 4.2.2 で説明する。

本研究では、CREAM の評価を活用して、修正した 9 種類の CPC と各評価項目及び細項目のチェックシートを作成し、評価者は、これを用いてヒューマンエラーの要因分析を行った。

DP 船の海難事例を評価する基準は、①要因分析は誰が行っても同様の結果となることが重要であると考え、“船舶運航未経験者”であること ②評価者(海技士免許がない者)は専門家のアドバイスをもとに評価を実施することとした²⁾。

CPC1 から CPC9 は、評価者が表 4.1 の海難事例である Lack of Planning and Situational Awareness Causes をもとにチェックを記載した。

表 4.11 CPC3 の細項目の一例

細項目		CPC (+1 以上)	0	CPC (-1 以下)
		良い	標準	悪い
1	PRS の数は適切であるか		✓	
2	PRS は適切に更新しているか		✓	
3	PRS は適切に使用しているか			✓
4	作業前に PRS のテストを完了しているか			✓
5	PRS のエラーを確認したか		✓	
6	PRS の設置場所は適切か		✓	
7	PRS の感度は調整したか		✓	
8	PRS の冗長性は確保されているか	✓		
細項目ごとの合計 (+1, 0, -2)		+1×1 = +1	0×5 = 0	-1×2 = -2
最終的な合計 (-1)		= +1 +	0	+ -2

表 4.12 CPC1 から CPC9 の合計の一例

CPC	CPC1	CPC2	CPC3	CPC4	CPC5	CPC6	CPC7	CPC8	CPC9
合計	-4	+1	-1	-6	-6	+1	0	0	-2

4.1.6 DP 船における海難時系列

修正した CPC を検証するため、DP 船における具体的な海難例（2017 年 IMCA 報告書）⁴⁾から得た情報を利用して、船舶運航未経験者が DP 船の海難要因分析を行った。DP 船における具体的な海難例（2017 年 IMCA 報告書）⁴⁾の天候、スラスター、PMS (Power Management System), Position Reference System (PRS)を表 4.13 と DP 船における海難事例の一例を表 4.14 に示す。表 4.14 の事故時系列は、表 4.1 の一番上の調査対象とした Lack of Planning and Situational Awareness Causes の海難事例である。

表 4.13 天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 25kt 潮流 1.4kt 波高 1.9m 水深 1540m 視界 良好	6 台 スラスター, 4 台 発電機 on line, 3 台 発電機 standby Bus tie open 2 redundant groups	2 DGNS online 1 standby 3 Gyro, 2 MRU, 2 Wind sensors Heading 233°

表 4.14 事故の時系列 (ROV 操船 2017 年 IMCA 報告書)

	登場人物		
時間	SDPO	DPO	Engineer
	DP 船は、clump weight を配置するために海底に接近した		
07:36	DP 船は、移動し、船速 0.2kts にした		
	SDPO は無線室に仕事のため移動した	Clump weight を海底 10m に置くため、補正モードにした	
07:40		・ DP 警報 ‘Power limitation’ が発生した ・ 警報のための行動をとらなかった	
07:47	SDPO は無線室から戻った。DP 警報 ‘Power limitation’ が発生した		
		エンジンルームに追加の発電機を要求した	
07:49	現場で、clump weight が Christmas tree (油田の石油やガスを管理し、制御する装置) から 5m, 海底から 3.5m にある		
			No. 5 発電機がブレーカ損傷のため損傷した
	clump weight を上げるように指示をした		両舷の配電盤の出力制限が発生した
07:50	Clump weight が Christmas tree に当たった		
07:51	船を止めるために、Joystick 制御を行った		No. 3 発電機が作動した
07:53			No. 5 発電機が作動した

4.2 スクリーニング手法 (screening methods)

4.2.1 スクリーニング手法の目的

CREAM の評価にはスクリーニング手法があり⁶⁾、その手順の概念を図 4.2 に示す。このうち、スクリーニング手法の目的は、タスクを人間がおかれた状況に応じて修正した 9 種類の CPC (図 4.1) を使用して評価することである。この手法は、タスクの解析やタスクに影響する条件の解析をすることができる。また、この手法は、一定の状況が人間行動のエラーの確率によって、人間行動のエラーが許容できるほどの低い状況にあるかどうか判断できる。スクリーニング手法は以下の 3 つの段階で構成される。

(1) はじめに DPO のタスクを整理するために事故時系列を構築する。

- (2) 次に CPC (Common Performance Condition) 評価を検証する。CPC は、DPO の仕事の全体的な特徴を示すために使用し、CPCs の合計を計算する。図 4.1 の該当項目にある「良い」「標準」「悪い」を決定する。
- (3) 最後に 4 つの制御モードを決定する。4 つの制御モードは Contextual Control Model ‘COCOM’ の中心的概念である。該当する 4 つの制御モデルの判定により、DPO における認知行動の特徴を決定することができる。4 つの制御モデルは、4 章の 4.2.3 で述べる。

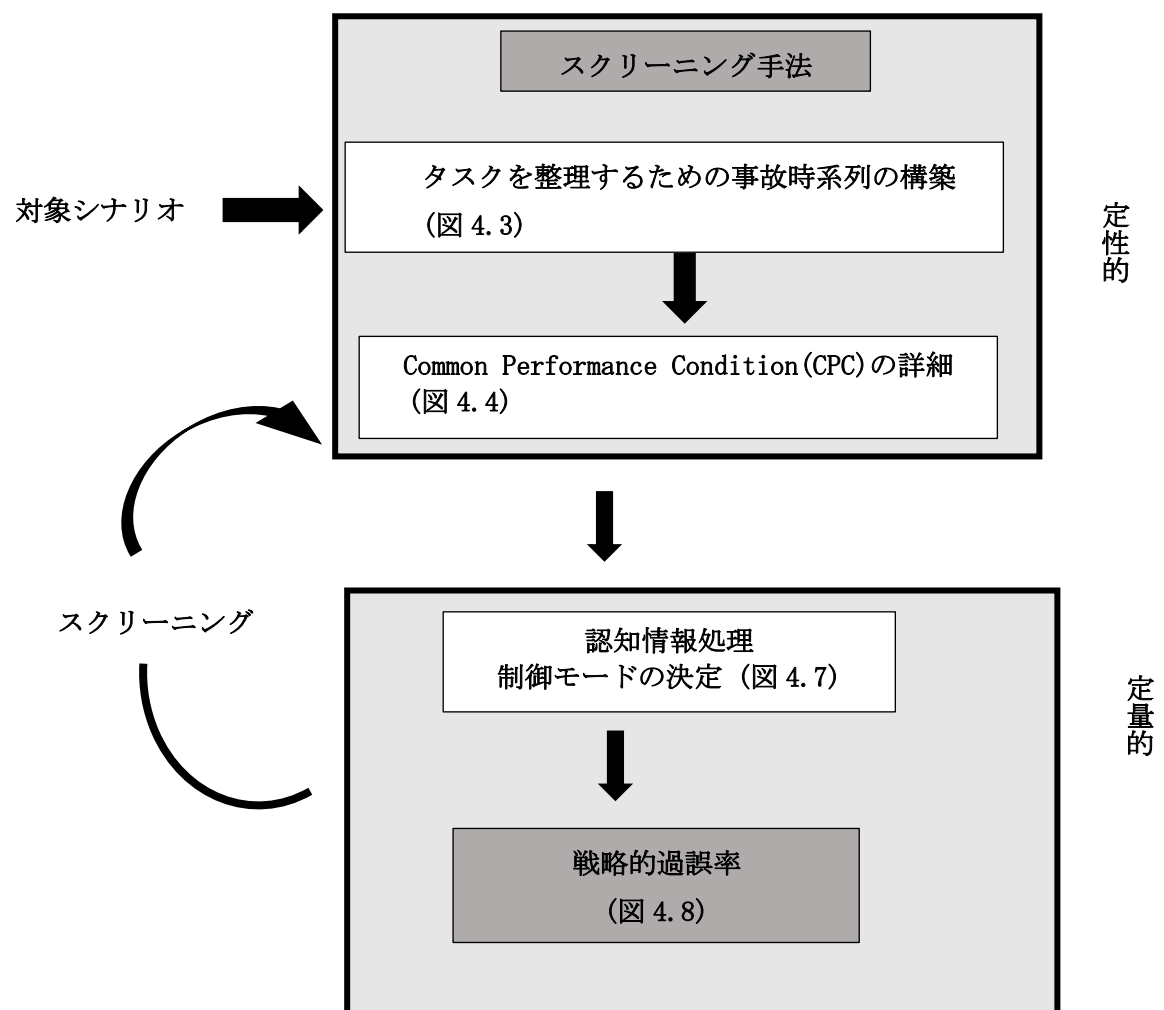


図 4.2 CREAM のスクリーニング手法

4.2.2 タスクを整理するための事故時系列の構築

タスクを整理するための事故時系列の構築は、DP0 における主なタスクの流れであり、図 4.3 に示す。図 4.3 は、人間信頼分析(HRA)の最初の段階であり、その一例である。

1	07:36 後に、DP0 が DPS を単独で制御した
2	07:47、SDPO と DP0 は DP を制御したが、DP0 は SDPO に 1 回目の警報を知らせなかった
3	07:47 後に SDPO と DP0 が速力を調整した
4	警報を 2 回、無視した
5	PMS が制限された
6	船を止め、ジョイスティックモードに切り替えた
7	07:51 に PMS がエンジニアによって回復した

図 4.3 DP0 における主な仕事（行動）の一例

4.2.3 修正した 9 種類の CPC (Common Performance Condition)の検証

筆者は、修正した 9 種類の CPC (Common Performance Condition)の評価結果を作成し、図 4.4 に示す。CPC1 から CPC9 の合計と結果の一例を表 4.15 に示す。修正した 9 種類の CPC の検証は、図 4.4 と表 4.15 を使用する。例えば、表 4.15 にある CPC2 は、+1 であるため、図 4.4 にある “ DP 当直状況 ” の場合、“ 良い(+) ” と評価される。DP0 における行動の信頼性は、“ Improved ” となる。Improved は、行動の信頼性が向上又は改善していることを意味する。表 4.15 にある CPC8 は、0 であるため、“ DP0 の能力 ” の場合、“ 標準(0) ” と評価される。DP0 における行動の信頼性は、“ Not signification ” となる。Not signification は行動の信頼性が低下も改善もしないことを意味する。また、表 4.15 にある CPC3 は、-1 であるため、“ PRS の適合性 ” の場合、“ 悪い(-) ” と評価される。DP0 における行動の信頼性は、“ Reduced ” となる。Reduced は、行動の信頼性が低下していることを意味する。

Σ improved は、CPC の各項目の improved の値を合計した値であり、 Σ Reduced は reduced の値を合計した値である。従って、検証結果は Σ improved が 2 項目あり、 Σ Reduced が 4 項目あった。

表 4.15 CPC1 から CPC9 の合計と結果の一例

CPC	合計	結果
CPC1	-4	Reduced
CPC2	+1	Improved
CPC3	-1	Reduced
CPC4	-6	Reduced
CPC5	-6	Reduced
CPC6	+1	Improved
CPC7	+1	Not signification
CPC8	0	Not signification
CPC9	-2	Not signification
	(Σ Improved, Σ Reduced)	(2, 4)

修正した 9 種類の CPC 評価項目		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性&組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

図 4.4 修正した 9 種類の CPC 評価結果の一例

次に 4 つの制御モデルを述べる。

4.2.4 4つの制御モデル⁶⁾

4つの制御モデルを以下1から4に示す。人間が置かれた状況がその人間の行動を制御することから、人間の行動の制御レベルは4つのレベルに分けられる。

1. 戦略的制御 (Strategic control)

Strategic control とは、より高いレベルの目標を先読みすることができ、より効率的な行動を提供するため、人の知識と技術、能力のレベルに影響される。事態全体を把握し、意識して問題解決を図る行動をいう。

2. 戦術的制御 (Tactical control)

Tactical control とは、行動が計画に基づいているため、手順又はルールに従うことを意味する。計画の範囲は限定されており、考慮される必要性はその場限りになる場合がある。事態の特徴を抽出し、ルールベース又はスキルベースで問題解決を図る行動をいう。

3. 機械主義的制御 (Opportunistic control)

Opportunistic control とは、状況がはっきり理解していない又は時間が制約されているため、計画や予想をほとんど行うことが出来ないことを意味する。事態への対処において、ルールを獲得しておらず、問題解決への知識が不十分であることをいう。

4. 混乱状態制御 (Scrambled control)

Scrambled control とは、予測不能又は無計画であり、何をするかを選択がほとんどない状況を意味する。仕事の要求が非常に高く、状況に作業者が不慣れで、予期しない方法で状況が変化する場合は思考が麻痺する。また、状況認識が完全に失われる。極端な場合は、瞬間的なパニック状態になる。問題解決に時間がかかり、手がかりさえ得られない時、混乱した行動をとり、一種のパニック行動をする。機械主義的制御や混乱状態制御は、事態をさらに悪化させる恐れがある。これらのモードは、焦った状態で生じやすい。焦りは問題解決が迫られるが、問題解決のために使える時間がないとの感覚があるときに生じる。そこで、このモードにエラーを入らせないための対策としては、以下となる。

- ・問題解決のための時間を十分に与える⁸⁾。
- ・「早くやれ！」等と言わず、「慌てるな、落ち着いてやれ！」と声掛けをする⁸⁾。
- ・問題の手がかり（ガイダンス）を与える。・初期状態にもどれる脱出ルート（リセットスイッチ等）を準備する⁸⁾。

機械主義的制御や混乱状態制御は、事態をさらに悪化させる恐れがある。これらのモードは、焦った状態で生じやすい。焦りは問題解決を迫られるが、問題解決のために使える時間がないとの感覚があるときに生じる。これらの4つの制御モデルが示す人間行動の信頼性が、混乱状態制御、機械主義的制御、戦術的制御、戦略的制御の順に高くなる（図4.5）。従って、理想のモデルの移行は、混乱状態制御から機械主義的制御、機械主義的制御から戦術的制御、戦術的制御か

ら戦略的制御になることである。機械主義的モードから戦術的なモードに移行してプロアクティブになるためには、意識的な努力が必要になる。

人間行動の信頼性

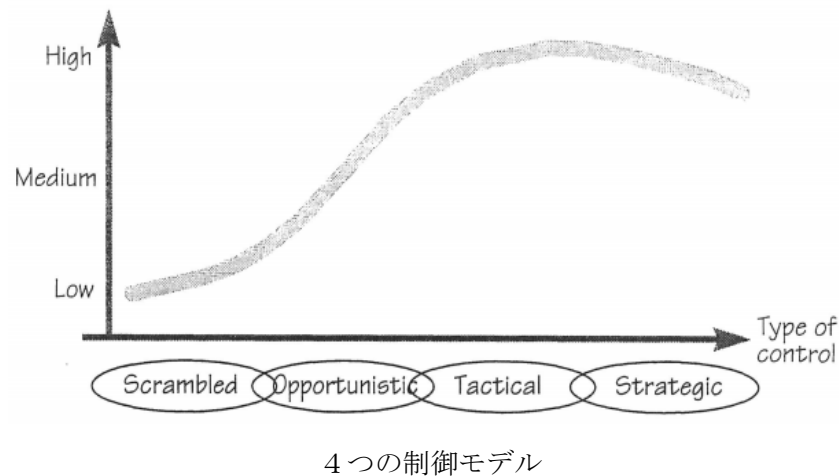


図 4.5 4つの制御モデルと行動信頼性の関係⁶⁾

状況決定制御モデル(COCOM)は人間の行動モデルであり、COCOMにおける判定を図4.6に示す⁶⁾。4つの制御モデルは、戦略的制御(Strategic control)、機械主義的制御(Opportunistic)、戦術的制御(Tactical)、戦略的制御(Strategic)がある⁴³⁾。4つの制御モデルはCOCOMの一部である。スクリーニング手法は4つの制御モデルで分析することであり、最終的に4つの制御モデルを決定する必要がある。

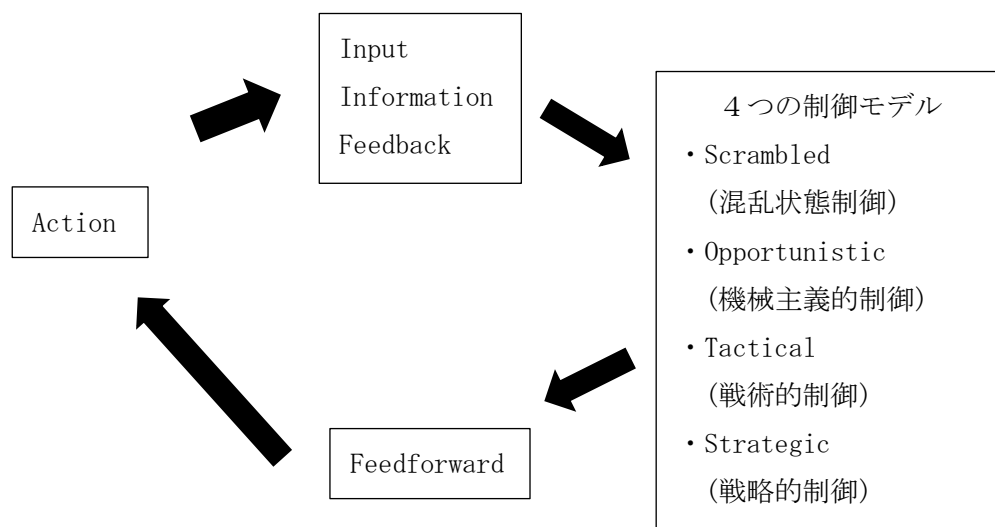


図 4.6 Contextual Control Model ‘COCOM’

4.2.5 4つの制御モデル判定

最終的な判定は、起こりうる4つの制御モードを決定することである。4つの制御モデルのグ

ラフを図 4.7 に示す。4 つの制御モデルは、混乱状態制御 (Scrambled)、機械主義的制御 (Opportunistic)、戦術的制御 (Tactical)、戦略的制御 (Strategic) がある。Σ improved は、CPC の各項目の improved の値を合計した値であり、Σ Reduced は reduced の値を合計した値である。図 4.7 のグラフの縦軸は Σ improved, 横軸は Σ reduced と示した。

起こりうる 4 つの制御モデルを決定するには、Σ improved と Σ reduced が必要であり、Σ not significant の値は重要な意味をなさない⁶⁾。Σ not signification は not signification の値を合計した値である。Σ not signification は、行動の信頼性が低下も改善もしないことを意味するため、CPC 評価を使用する値にならない。したがって、図 4.7 に記載されている Σ improved と Σ reduced の数値が重要であり、CPC 評価における起こりうる値を直交座標で示すことができる。図 4.7 から CPC 評価の値は 52 個ある。52 個の内、CPC 評価の値は戦略的制御が 9 個、戦術的制御が 24 個、機械主義的制御が 15 個、混乱状態制御が 4 個を占める。この CPC 評価の値の配置は、最も頻繁に使用される制御モードが戦術的制御と機械主義的制御である⁶⁾。また、戦略的制御が混乱状態制御より頻繁に使用されることを意味する⁶⁾。これらの CPC 評価の値は 4 つの制御モデルの意味に基づいて、航空や医療分野、原子力分野など幅広い分野における実証研究によって調整された値である⁶⁾。

(Σ improved, Σ reduced:0, 9) の値が DP0 の行動における信頼性低下を意味しているため、最も望ましくない状況である。また、(Σ improved, Σ reduced:7, 0) の値が操船者の行動における信頼性は向上しているため、最も望ましい状況を示している。図 4.7 の形は 4 つの制御モデルと操船者における行動の信頼性の関係を示しており、状況決定制御モデル (COCOM) 毎に適用過誤率の幅を持っている⁶⁾。従って、4 つの制御モデルが高い値のとき、DP0 における行動の信頼性も高い値となる。(図 4.5)

図 4.7 の例は、図 4.4 から得られた Σ improved の合計値と Σ reduced の合計値であるため、(Σ improved, Σ reduced:2, 4) の値となった。この場合、4 つの制御モデルは、機械主義的制御 (Opportunistic) となる。機械主義的制御 (Opportunistic) は正確さよりも迅速さがより重要になる⁶⁾。制御モデルは、このような状況を抜け出して機械主義的モードから戦術的なモードに移行してプロアクティブになる (事前対策を取る) 必要がある⁶⁾。

DP 船の海難報告書 (海難事例) の内容から 54 件の DP 船の海難を分析し、4 つの制御モデルを Σ improved と Σ reduced に分類した結果 (2016~2018 年) を図 4.8 に示す。DP 船の海難事例を選定した基準は、第 4 章 4.1.5 で示した基準とした。結果は、混乱状態制御 が 5 件、機械主義的制御が 23 件、戦術的制御が 25 件、戦略的制御が 0 件、4 つの制御モデルに該当しなかった結果 (該当なし) が 1 件となった。4 つの制御モデルのうち、機械主義的制御と戦術的制御が最も数値が高い結果となった。また、図 4.8 の結果は、混乱状態制御と戦略的制御にほとんど該当しなかった。

本研究において、DP 船に特化した CPC を用いた CREAM の分析手法 (スクリーニング手法) を使用することによって、DP0 のタスクと与えられた作業状況で、DP0 が失敗した行動の信頼性を視覚的に判断することができた。

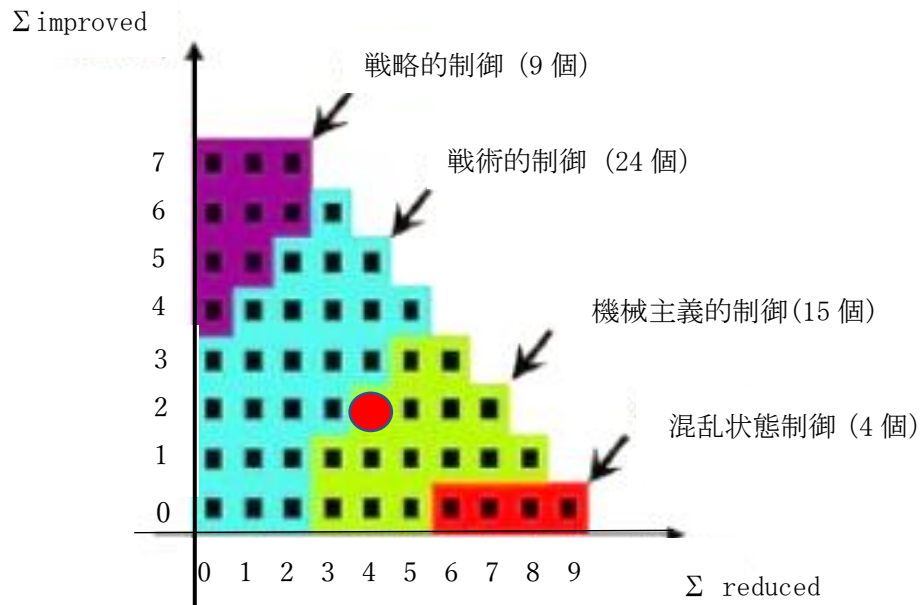


図 4.7 Scrambled control, Opportunistic control, Tactical control, Strategic control 判定

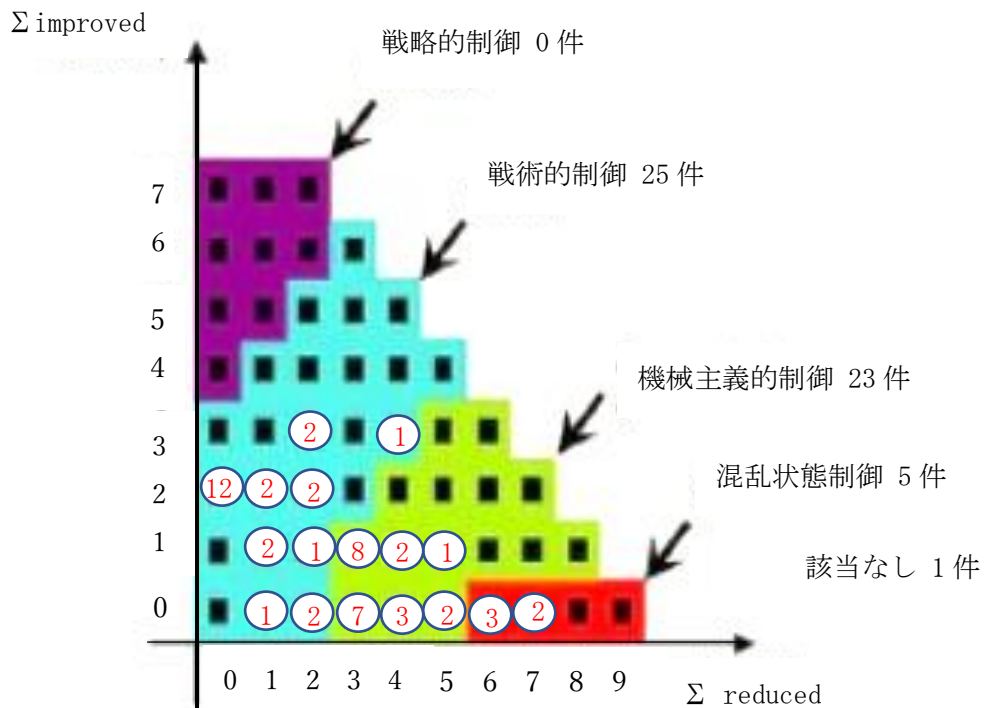


図 4.8 4つの制御モデル判定

4.3 DP 船の海難分析手法の考察

CREAM のスクリーニング手法を用いて定量的な評価を行い、CPC や DPO の認知行動の閾値を明確

に示すことができた。また、修正した 9 種類の CPC を DP 船の海難に特化することで、誰でも簡単に DP0 の認知行動の評価をすることができた。修正した 9 種類の CPC を用いて DP 船に特化した海難分析を行うためのチェックシートを作成することで要因分析の質を高めるとともに均質化が図られた。CREAM のスクリーニング手法を用いて DP 船の海難分析に適用することが可能であることを示した。

4.4 DP0 の認知行動分析

前節までは DP0 の認知行動に特化した 9 つの修正した CPC 評価の一例を示し、チェックシートを作成し、作成したチェックシートを DP 船の海難分析に利用した。DP0 の認知行動を把握するためには、多くの海難事例を分析する必要がある。本節では、修正した 9 つの CPC 評価を使用して海難事例で多くの海難分析を行い、評価について検討した。

4.4.1 海難分析

2015 年から 2018 年までの DP 船の海難事例 54 件について分析を行った。IMCA の事故報告書の事故を使用している。DP0 の認知行動分析のデータを次節に示す。また、海難分析方法についても、分析の効率化を図るため、海難事例のフォーマットも時系列、登場人物のタスクを順番に記載されたもので検討した。

次に修正した 9 種類の CPC の細項目をまとめた。

4.4.2 海難分析結果

海難事例分析の CREAM の評価結果をより正確に理解するためには、調査した海難事例の傾向をまとめる必要があると考えた。修正した 9 種類の CPC 評価の結果を良い点 (DP0 が実行できた点) と悪い点 (DP0 が実行できなかった点) にまとめた図を図 4.9 に示す。図 4.9 は、DP 船の海難における CREAM の評価を良い点と悪い点に評価した。良い点と悪い点は、チェックシートの細項目と事故事例を照らし、図 4.9 の結果から DP 船の海難は、良い点より悪い点が多い結果となった。

DP 船の海難における CREAM の評価の内訳を図 4.10 に示す。図 4.10 は、CPC1 から CPC9 の良い点と悪い点をまとめた。図 4.10 では、CPC5 (LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定) は、悪い点が良い点より多かった。また、CPC8 (DP0 の能力) は良い点と悪い点に差はなかった。

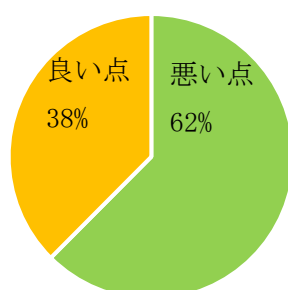


図 4.9 DP 船の海難における CREAM の評価 (N=674)

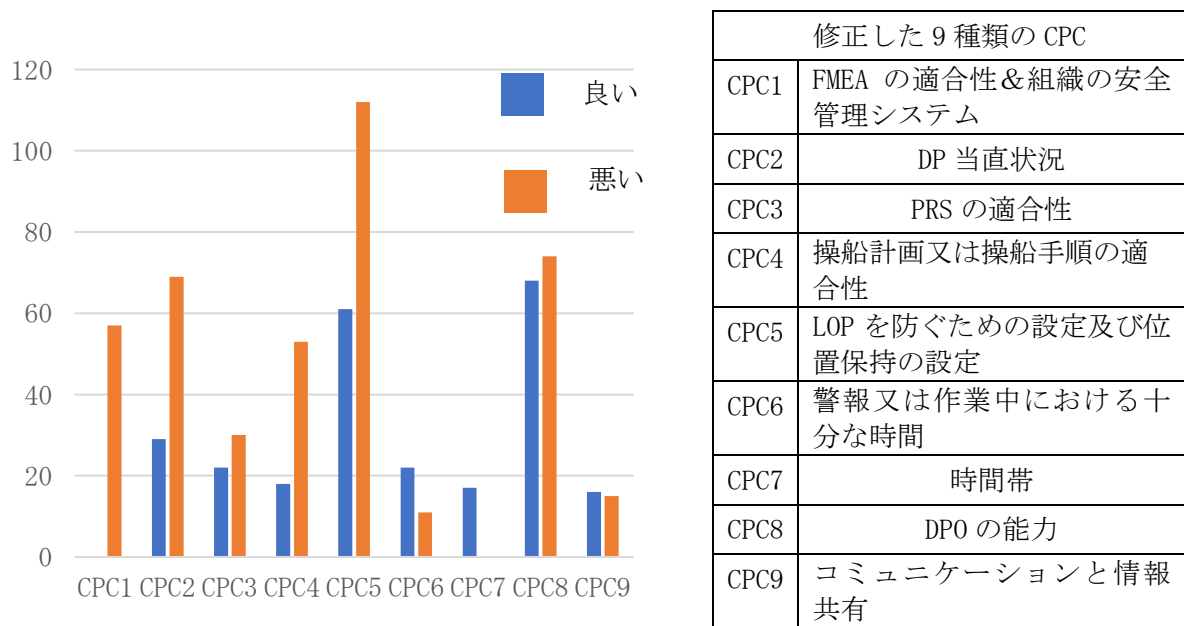


図 4.10 DP 船の海難事故における CREAM の評価の内訳 (N=674)

次に CPC1 から 9 までの細項目の良い点と悪い点を評価した図を図 4.11 から図 4.19 までに示す。図 4.11 は CPC1 の CREAM の評価である。図 4.11 は、細項目 5 (FMEA は適切であるか) と細項目 7 (WSOG でのリスク分析は行われたか) の悪い点が多い結果となった。

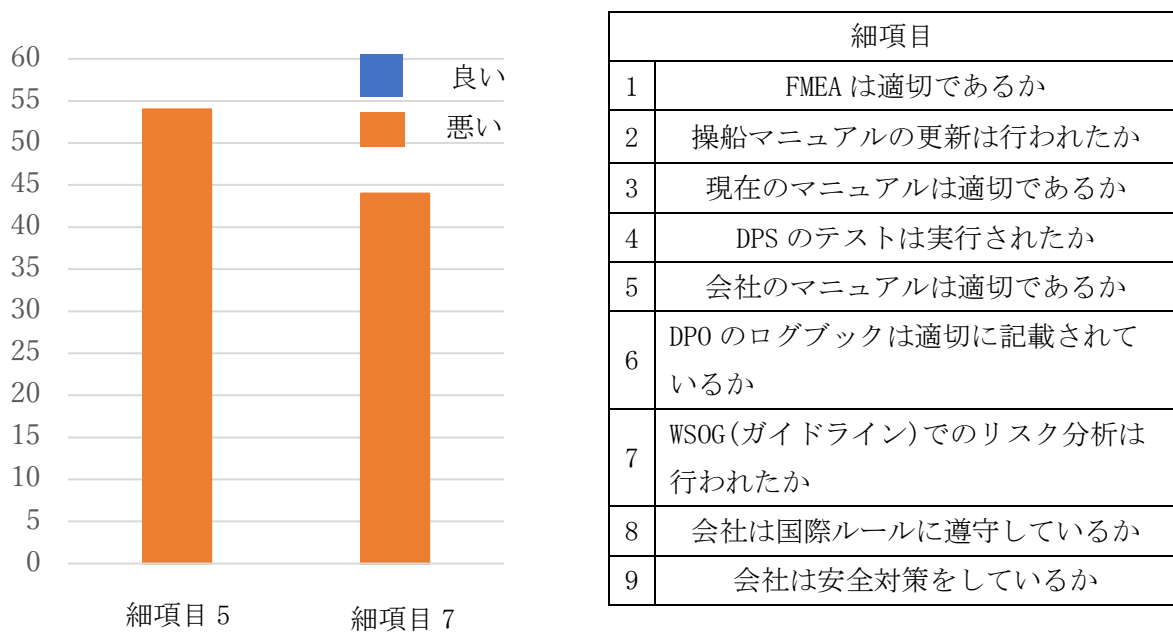


図 4.11 CPC1 の CREAM の評価 (N=57)

CPC2 の CREAM の評価の結果を図 4.12 に示す。図 4.12 は、細項目 2 (DPO のコミュニケーション不足)、細項目 5 (チームワーク不足)、細項目 6 (システムの理解)、細項目 13 (DPO 以外のエンジニアのコミュニケーション不足) は、良い点と悪い点に差がでた。CPC2 の細項目 6 の悪い点が多かった結果となった。

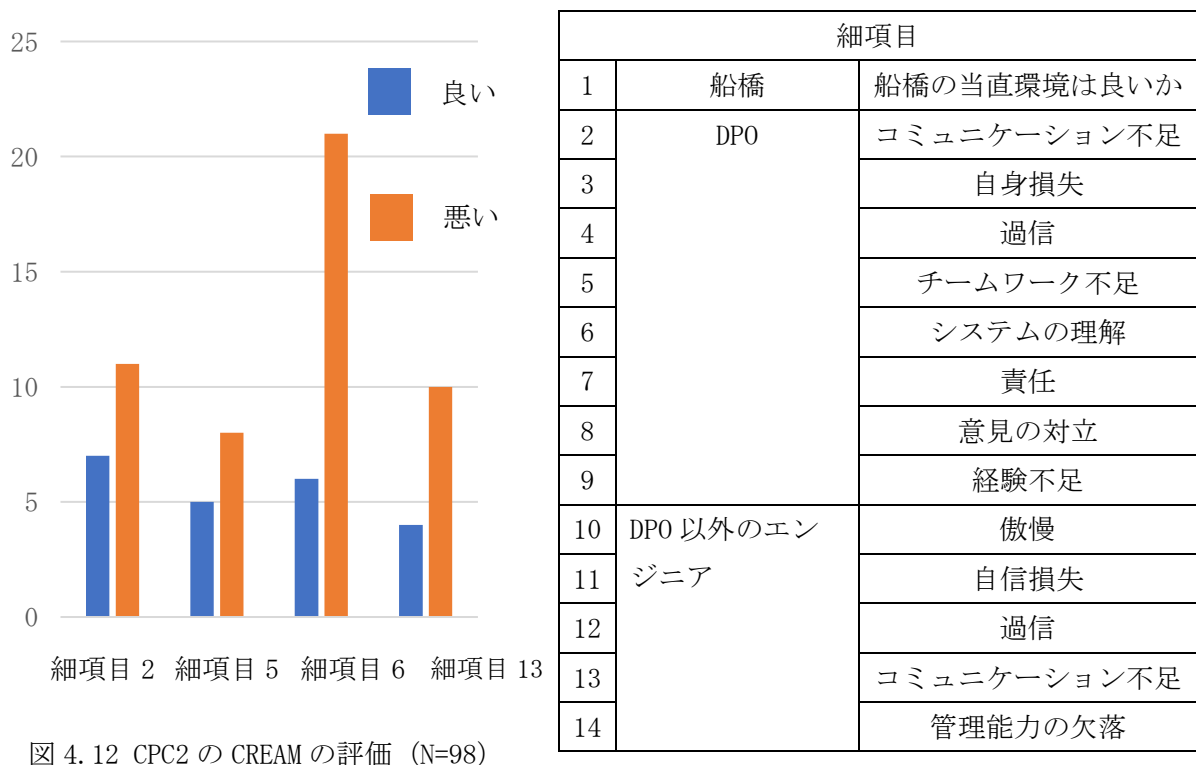


図 4.12 CPC2 の CREAM の評価 (N=98)

CPC3 の CREAM の評価を図 4.13 に示す。図 4.13 は、細項目 1 (PRS の数は適切であるか)、細項目 2 (PRS は適切に更新しているか)、細項目 3 (PRS は適切に使用しているか)、細項目 4 (作業前に PRS のテストを完了しているか)、細項目 5 (PRS のエラーを確認したか)、細項目 8 (PRS の冗長性は確保されているか) は、良い点と悪い点に差がでた。CPC3 の細項目 3 の悪い点が最も多い結果となった。

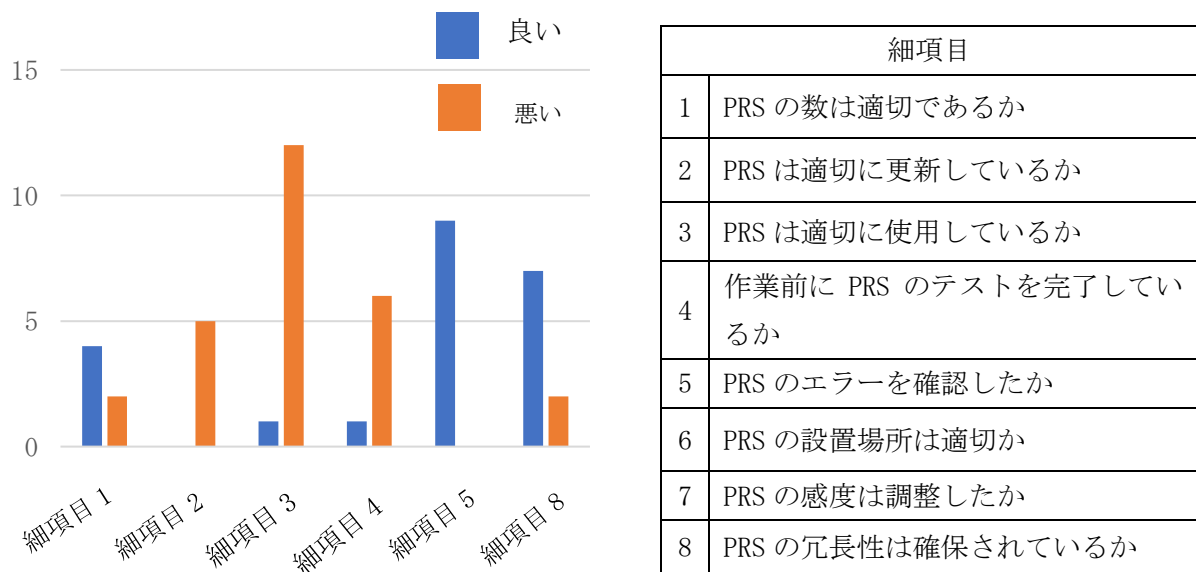


図 4.13 CPC3 の CREAM の評価 (N=52)

CPC4 の CREAM の評価を図 4.14 に示す。図 4.14 は、細項目 4(天候状況は適宜、確認しているか)、細項目 6(リスク分析の詳細はされているか)、細項目 9(DPO は DPS に頼りすぎていないか)は、良い点と悪い点に差がでた。CPC4 の細項目 6 の悪い点が最も多い結果となった。CPC5 の CREAM の評価を良い点と悪い点を図 4.15 と図 4.16 にまとめた。図 4.15 の主な悪い点は、細項目 1(操船中、位置を保持しているか)、細項目 9 (スラスターの負荷のため、位置保持を行ったか)であった。

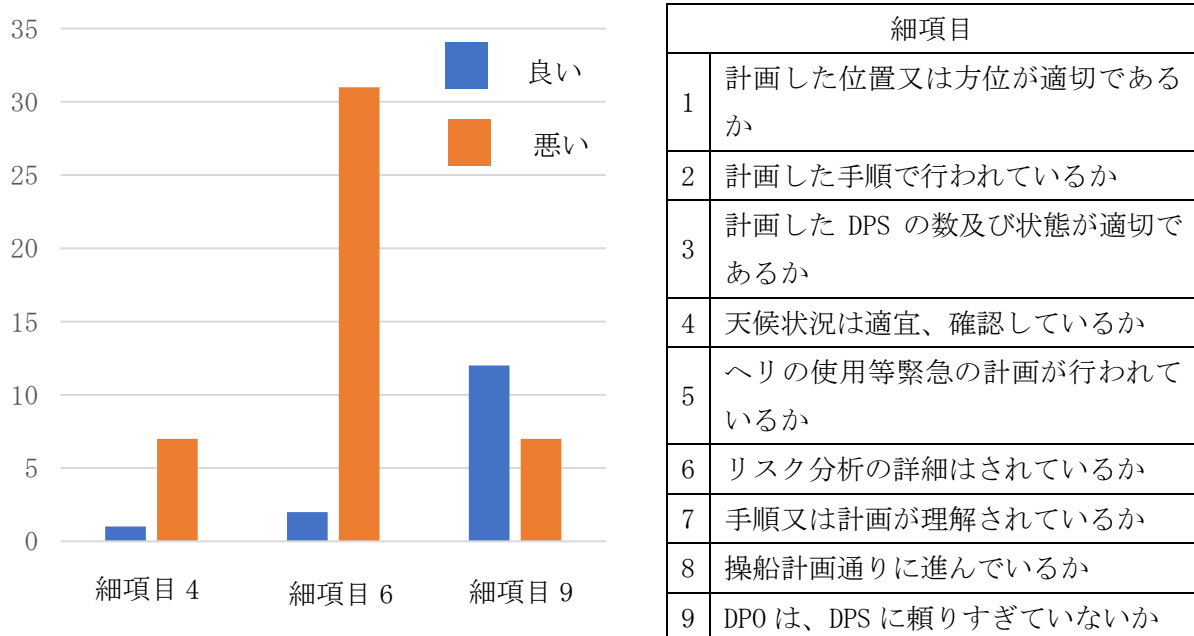


図 4.14 CPC4 の CREAM の評価 (N=71)

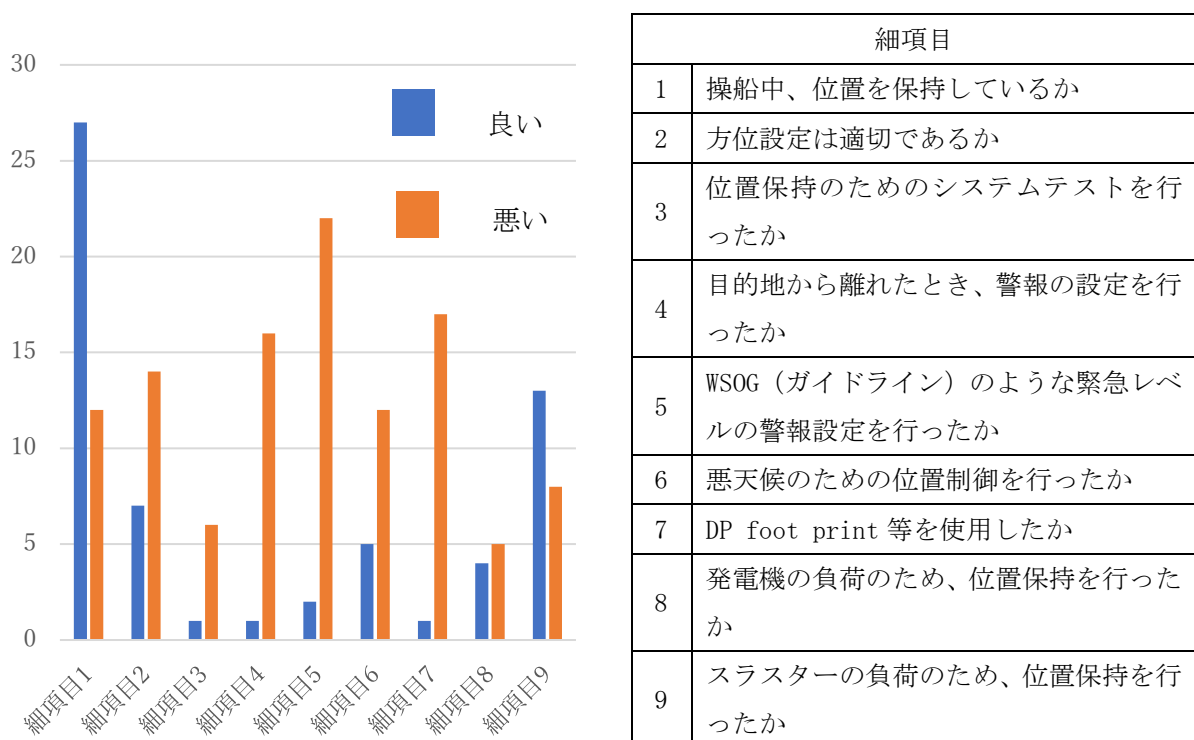


図 4.15 CPC5 の良い点 (N=61) と悪い点 (N=112)

図 4.16 の主な悪いは、細項目 5(WSOG のような緊急レベルの警報設定を行った)、細項目 7 (DP footprint 等を使用したか) であった。CPC6 の CREAM の評価を図 4.16 に示す。図 4.16 は、細項目 1(警報中、十分な時間はあったか)、細項目 2(DPS と他の計器を確認する時間があったか)、細項目 3 (他の作業の問題はなかったか)、細項目 4(チェックシートをする時間があったか)、細項目 9 (DPO は適切な訓練をした SDPO と作業する時間があったか)は、良い点と悪い点に差がでた。CPC6 の細項目 1 の良い点が最も多い結果となった。

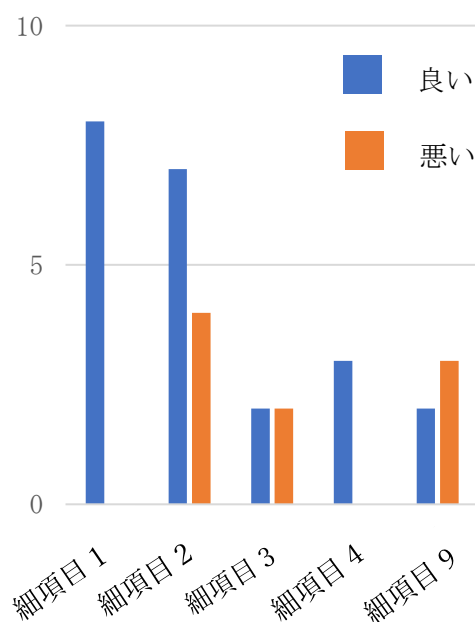


図 4.16 CPC6 の CREAM の評価 (N=33)

細項目	
1	警報中、十分な時間はあったか
2	DPS と他の計器を確認する時間があったか
3	他の作業の問題はあったか
4	チェックシートをチェックする時間があったか
5	ブリーフィングをする時間があったか
6	デブリーフィングをする時間があったか
7	DPO は、適切な引継ぎを行う時間があったか
8	DPO は、十分な睡眠はあったか
9	DPO は、適切な訓練をした SDPO と作業する時間があったか

CPC7 の CREAM の評価を図 4.17 に示す。図 4.17 の良い点は、視程が良い状況を意味し、図 4.17 の悪い点は、視程が悪い状況を意味する。図 4.17 は、視程良好及び日没、視程良好及び昼間、視程良好及び日出で事故が発生していた。視程良好及び日没で事故が多い結果となった。

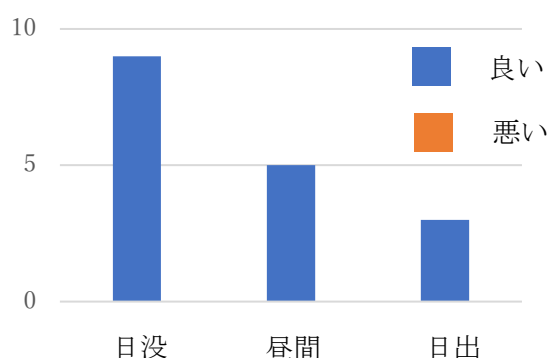


図 4.17 CPC7 の CREAM の評価 (N=17)

細項目	
1	日出
2	昼間
3	日没

CPC8 の CREAM の評価を良い点と悪い点を図 4.19 と図 4.20 にまとめた。図 4.19 の主な良い点は、細項目 9(DPO は緊急の対策を実行できたか)、細項目 3 (DPO が DPS の操船を熟慮しているか)

であった。CPC8 の細項目 9 の良い点が最も多い結果となった。

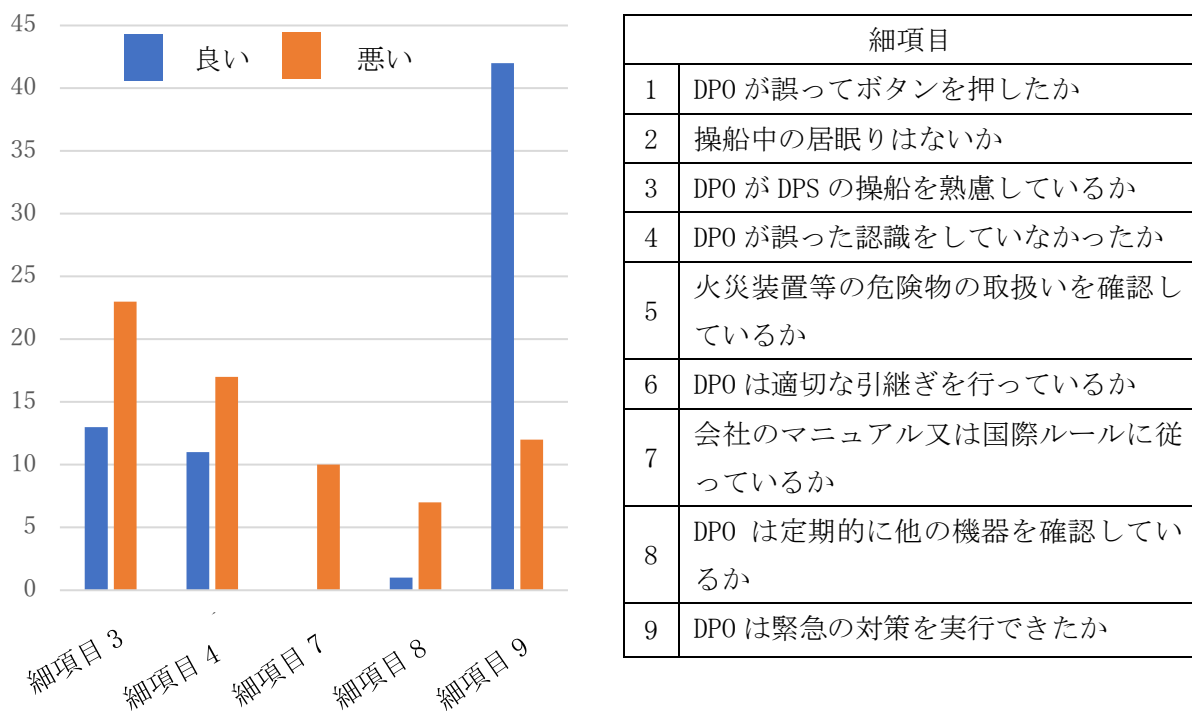


図 4.18 CPC8 の良い点 (N=68) と悪い点 (N=74)

図 4.20 の主な悪い点は、細項目 3 (DPO が DPS の操船を熟慮しているか)、細項目 4 (DPO が誤った認識をしていなかった) であった。CPC8 の細項目 3 の悪い点が最も多い結果となった。CPC9 の CREAM の評価を図 4.21 に示す。図 4.21 の主な良い点と悪い点は、細項目 2 (DPO とエンジニアのコミュニケーション (情報共有) をしているか)、細項目 3 (DPO と OIM 又は船長のコミュニケーション (情報共有) をしているか) であった。細項目 2 と細項目 3 は、良い点と悪い点の差はなかった。

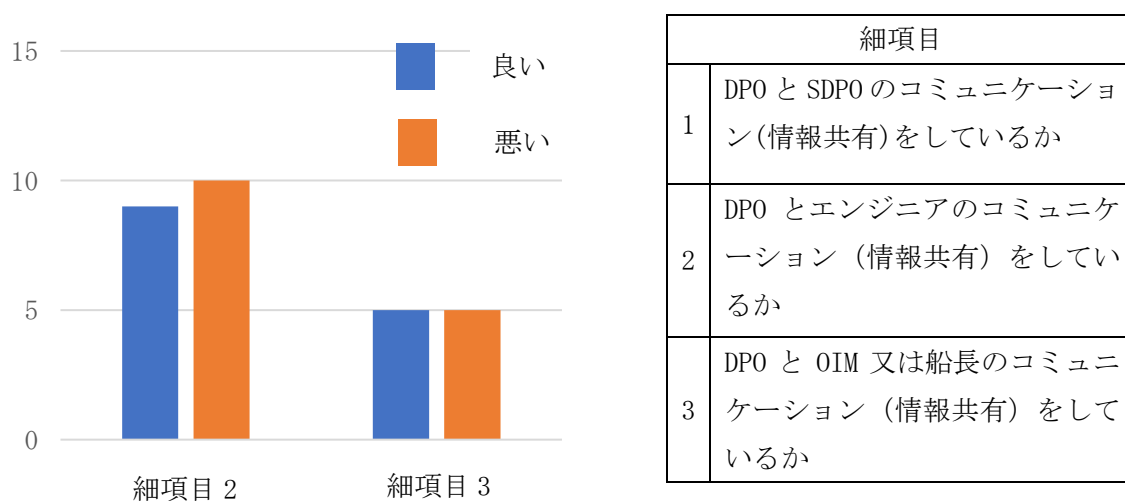


図 4.19 CPC9 の CREAM の評価 (N=31)

4.4.3 考察

本節で行った海難分析結果の考察を以下に示す。

- (1) DP 船を所有する会社等の組織は、会社のマニュアルやリスク分析を確認する必要がある。また、組織が安全管理体制を強化し、リスク分析の詳細を作成する必要がある。
- (2) DP0 は、SDPO や DP0 以外のエンジニアとコミュニケーションをとる必要があり、互いに協力し、DPS の習熟に取り組む必要がある。また、DP0 の過信が DPS のボタン等の押し間違いとなり、事故につながる傾向にある。DP 当直では、船橋のチームワークが不足していたため、事故の原因になっていた。DP0 は報告すべき事項（警報の詳細な内容等）の伝達や警報内容の理解が不十分であった。また、DP0 は SDPO や船長に警報の詳細な内容を伝えていないため、経験豊富な SDPO や船長の指導を受ける必要がある。
- (3) DP0 は PRS を適切に使用していない状態で事故に発展している傾向にあった。DP0 が船位の保持をする場合、DP0 は PRS を使用する。DP0 が船位の保持ができなかったため、platform と衝突する事例があった。DP 船に設置されている PRS の数は確保されており、DP0 は PRS のエラーを確認していたが、DP0 は PRS の適切な使用（PRS の設定等）を行っていないため、船位を見失っていることから SDPO や船長とコミュニケーションをとり、指導を受ける必要がある。
- (4) DP0 はリスク分析を適切に実施していなく、事故が発生している傾向にある。DP0 が DPS に頼りすぎていない点もあったが、DP0 がリスク分析を詳細に行うことで、事故を未然に防ぐ必要があった。また、DP 船の事故は、天気が良い状況で発生していたが、DP0 は天候状況を適宜、確認していなかったため、天候状況の変化に対応できるようにする必要がある。
- (5) DP0 は DPS を操船中、位置を保持しているが、緊急レベルの DP 当直時の警報設定を行っていない傾向にある。
- (6) DP0 は、DPS の警報中対応可能な時間があるにもかかわらず事故が発生している傾向にある。DP0 は DPS の警報レベルを作業や気象状況に応じて段階的に上げていく必要がある。
- (7) DP 船の事故は、特に視程が良い夜間に発生していることが分かり、視程が悪い状態で事故は発生していない傾向にあった。視程が良い状態で事故が発生しているため、DP0 は油断をしないで操船する必要がある。
- (8) DP0 は DP 警報等の緊急対策を実行できたが、DPS の操船に依存している傾向にある。
- (9) DP0 はエンジニアとコミュニケーション（情報共有）すること、OIM 又は船長とコミュニケーション（情報共有）をすることで未然に事故を防ぐ必要がある。

4.5 結語

筆者は、CREAM 理論⁶⁾に基づいて、修正した 9 種類の CPC 評価を使用してスクリーニング手法の方法で DP 船における海難事故分析手法の検証を行った。スクリーニング手法では、作成した具体的なチェックシートをもとに DP0 が行ったエラーの範囲（閾値）を定めた。作成した評価（チェックシート）が DP0 にとって危険度が高い又は低いかを図 4.8 で表すことができた。図 4.8 は操船者が失敗するエラーの可能性の範囲（閾値）を決定した。スクリーニング手法では、起こりうる 4 つの制御モードが決定できる。この手法は、定量的かつ定性的に分析することができる点である。また、利点は簡易的に DP0 の認知行動の妥当性を評価する点である。

スクリーニング手法の結果から作成したチェックシートをもとに良い点と悪い点をまとめた。DP 船の事故では、DP0 が緊急の対策を実行できており、DPS を操船中、船位を保持していた。しかし、DP0 は警報中、十分な時間があるにもかかわらず、緊急レベルの警報設定を行っていない。

この事例について Contextual Control Model ‘COCOM’ の中心的な概念である、戦略的制御、戦術的制御、機械主義的制御、混乱状態制御の 4 つの制御モデルを適応して考察する。まず、DP0 は、DPS を単独で制御したことが PMS の制御のきっかけとなった。DP0 はその後、SDPO に対して 1 回目の警報を報告しておらず、事態全体を把握し、意識した行動が取られていない。また、SDPO に対して報告を行っていないことから、戦術的制御も行われていなかったものと考えられる。さらに、2 回の警報を無視しており、これから起こり得る事態に対して、予想が行われていない状態にある。PMS の制御に至る過程の中で、混乱状態に陥ったかは不明であるものの、4 つの制御モデルに反した行動が、PMS 制御に至る事態を引き起こしている。1 例ではあるものの、4 つの制御モデルがヒューマンエラーの要因を明らかにしている顕著な例といえよう。

第5章 結論

5.1 本研究のまとめ

本研究の目的は、海難防止策の重要な構成要素である DP0 について、認知行動の特徴を示し、海難のリスクの減少を図ることである。海難を低減させるため、DP0 の効率的な行動に役立つ具体的な認知行動を検討する必要がある。DPS を操船中に DP0 が、事故でうまく対応したこと、うまく対応できなかったことを明確にし、安全な対策を考察する。

以下に本研究で得られた結論と今後取り組むべき課題について述べる。

第1章では、近年における DP 船の海難発生件数の推移等、本研究の導入について述べた。

第2章では、ヒューマンファクターのモデル、事故の形態モデルなどをまとめた。

第3章では、DPS、DP0、DP class、DP 船の事故統計、冗長性をまとめた。

第4章では、CREAM の分析手法を使用して DP0 の認知行動を検討した。

修正した9種類のCPC評価のチェックシートを使用し、DP0 の行動の特徴を把握するため、海難事例の分析を行い、DP0 が事故でうまく対応したこと、うまく対応できなかったこと及びその対策について検討を行った。以下に結果を示す。

- (1) DP 船を所有する会社（組織全体）でマニュアルの作成を行い、事故が発生しないようリスク分析を行う必要がある。
- (2) DP0 は、スラスターを使用して位置を保持していたが、目的地から離れた時や緊急時の警報設定を行っていなかったため、適切な警報レベルの設定を行う必要がある。例えば、DP0 が警報レベルを2段階や3段階に分けるように設定することで安全な状態を保つことができる。
- (3) DP0 は、DPS の警報中、十分な時間があり、他の計器を確認する時間があった。また、DP0 はチェックシートをチェックする時間があったものの適切な訓練を受けた SDP0 と作業する時間が確保されていなかったため、DP0 が SDP0 の当直体制をとり、DPS の警報に対処する必要がある。
- (4) DP0 が、緊急時の対策を実行するためには DPS の手動操船（Joystick 等）について深学する必要がある。
- (5) DP0 は常にエンジニアや船長とコミュニケーション（情報共有）をできる環境にいる必要があり、DP0 が1人で解決できる内容でも必ずコミュニケーションをとる必要がある。

資料1から資料54(頁69から頁176)までの54件の海難について、CREAMによるCPC評価を参照しながら考察を行う。CPCと海難の因果関係について、悪い点(マイナスの評価)が良い点(プラスの評価)より多い時、海難が生じているのであれば、CPC評価により海難のヒューマンエラーのリスクファクターを正当に評価していると言えよう。

その中で、良い点が悪い点を上回っていたのは、CPC6(警報または作業中における十分な時間)、CPC7(時間帯)、CPC9(コミュニケーションと情報共有)の3点である。その中でも、CPC6について、警報が起きてから作業にかかるまでの時間は十分に確保できていた。このことから、海難は平時に起きており、ヒューマンエラーが事故と深く関係している可能性が指摘される。また、CPC7について、海難が生じている時間帯は、事故の比較的起きにくいとされる昼間と事故の比較的起きやすい夜間の時間帯に起きていた。海洋調査は天候、視界が良好である時に実施され、霧や台風のような特殊な気象条件下で実施されないが、CPC4の細項目4(天候状況を適宜、確認していない)の結果からDP0は環境の変化を監視し続ける必要がある。CPC9については、DP0、エンジニア、船長の間のコミュニケーションについて良い点と悪い点が半数を占めていた。このことから、コミュニケーション不足は海難の一因となる可能性があるものの、決定的な要因とはならないことが指摘される。DP船の航行中は、DP0が中心となるため、日常的にはエンジニア、船長の間のコミュニケーションは重要とならない可能性がある。他方で、CPC3(PRSの適合性)、CPC8(DP0の能力)は悪い点が良い点を上回っており、影響のある因子となっているが、細項目において差異が見られた。CPC3では、顕著な結果を示しており、細項目5(PRSのエラーを確認したか)では、良い点のみで占められているのに対して、細項目2(PRSは適切に更新しているか)、細項目3(PRSは適切に使用しているか)、細項目4(作業前にPRSのテストを完了しているか)の3点は悪い点が良い点を大幅に上回っている。つまり、PRSのエラーチェックなど、日常的な作業については適切に行われている一方で、PRSの更新やテストなど、日常的に確認していない項目のチェックを怠るとエラーを起こしやすいものと考えられる。加えて、PRSを日常的に使用しているかという点も事故につながる可能性が大きい。これは、慣用的にPRSが使用され、適切性が日々確認されていないことが影響している可能性がある。CPC8(DP0の能力)については、細項目9(DP0は緊急の対策を実行できたか)は良い点が悪い点を上回っていた。特に良い点としてあげられている細項目9は、緊急時の対策はできているものの事故が起きている状態にある。細項目3(DP0がDPSの操船を熟慮しているか)、細項目4(DP0が誤った認識をしていなかった)、細項目7(会社のマニュアルは国際ルールに従っているか)の3点については悪い点が良い点を大幅に上回っており、CPC3の細項目3(PRSは適切に使用しているか)と同様に慣用的な使用はエラーを起こしやすいことを指摘するものである。そして、事故に繋がりやすい細目について最も差が大きかった項目は、CPC1(FMEAの適合性と組織の安全管理システム)、CPC2(DP当直状況)、CPC4(操船計画又は操船手順の適合性)、CPC5(警報または作業中における十分な時間)の4点であり、悪い点が良い点を大きく上回っていたことから、事故への影響が大きいものと考えられる。CPC2では、細項目2(DP0のコミュニケーション不足)、細項目5(チームワーク不足)については、悪い点と良い点の差は少ないものの、細項目6(システムの理解)、細項目13(DP0以外のエンジニアのコミュニケーション不足)については、悪い点が良い点を大きく上回っている。CPC4では、細項目6(リスク分析の詳細はされているか)については、悪い点が良い点を大きく上回っており、CPC5では、

細項目 5 (WSOG のような緊急レベルの警報設定を行った)、細項目 7 (DP footprint 等を使用したか) の 2 点が大きく悪い点が良い点を上回っていた。DPS (システム全体) やエンジニアとのコミュニケーションなど、システム運用上に必要な項目や DP0 が航行上に確認すべき点が遵守されていない時、事故につながる事が推定される。さらに、CPC1 は、全て悪い点という結果が得られており、事故に最も繋がりやすいことが示された。その中で、細項目 5 (FMEA は適切であるか) と細項目 7 (WSOG でのリスク分析は行われたか) の 2 項目が悪い点を全て占めていることから、FMEA の適切に遵守されることと、WSOG のリスク分析が事故の回避に向けて極めて重要であることが示唆される。

5.2 今後の研究課題

DP 船の海難は、DP0 が警報に対処できる時間があり、緊急時の対策を実行していたが、事故が発生していた。今後の研究課題は、実証実験を踏まえて警報等で未然に事故を防ぐための安全対策を考察していく必要がある。短時間で危険な状況から逃れることは、エラーのリスクが高くなる。また、DP0 がエラーに対する姿勢を変えると、DP0 の行動も変わる。したがって、エラーが経験者の不注意や慣れ、未経験者のみに発生するものとみなすことをやめる必要がある。エラーは日常的にすべての人に起こりうるものと考えなければならない。主な対策は、DP0 が当直中に、DP0 の状況判断の起こりうるエラー範囲 (閾値) を調査し、DP 操船中の行動の監視に重点を置くべきである。DP0 のエラー対策は、トップダウン (組織の上層部が意思決定を行い、その実行を下部組織に指示する管理方式) でエラーを軽減するためのできる限りのルールを作成し、DP0 がとった行動が正しい方向に向かっていることをボトムアップ (下からの意見を吸い上げて全体をまとめていく管理方式) で組織の上層部が監視する必要がある。

本研究の課題は IMCA 報告書だけでは詳細な DP0 の認知行動の妥当性について、研究の限界があった。従って、今後の研究は実際に DPS を操船するシナリオのシミュレーションをもとに今回調査したデータを参照し、DP0 の認知行動の妥当性を検証することが重要である。今後の研究の成果は、海難の例をもとに DP0 が安全に運航できるシナリオや事故が想定されるシナリオを考えていきたい。DP 操船の未経験者が DPS を操船する機会を増やしていくことで、未然に事故を減らし、国内でも DPS 認証ができる体制を目指していくことも大切である。

今後、研究機関は、最新の海洋開発の研究を進め、地震探査の研究や海底資源における調査が行われる。海洋開発に携わる航海士は DPS を使用して定点観測を使う機会が増えていく。今後、海技教育機関は、海底土木分野、深海生物分野、海底鉱物資源分野など、多岐にわたる分野において新しい発見や研究の知見を蓄積して、多くの学生に興味を持っていただけるような海技教育やイベントを増やしていく必要がある。また、筆者は実証実験によって DP0 の認知行動モデルの構築を検証し、研究での研鑽を積んでいきたい。そして、筆者は研究に精進し、質の高い海技教育や環境の充実化を目指し、成果をフィードバックできるように研究を続けたいと考える。

資料 1 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 25kt 160° 潮流 2.2kt 180° 波高 3.0m 水深 80m 視界 良好	4 台 スラスター, 2 台 発電機 on line, 2 台 発電機 standby Bus tie open 2 redundant groups	2 DGNSS online 1 radar, 1 laser 3 Gyro、3 MRU、2 Wind sensors

事故の時系列 (貨物 (作業) 2018 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時間	DPO	Installation(貨物責任者)
	貨物作業中であった	
10:18	貨物責任者と VHF でコミュニケーションをとった	
10:20	DP 船は、Installation(貨物施設)から 離れ、流された DP standby ボタンを故意でなく押して しまった Joystick mode に切り替え、方位制御 を行なった	
10:28	貨物責任者と VHF で情報を伝達した	
10:40	自動操船モードで Installation に接近した	
10:50	DP 船は Installation から 500m の区域から出た	

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性& 組織の安全管理 システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操 船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐため の設定及び位置 保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中 における十分な 時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 2 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 8kt 340° 潮流 1.0kt 173° 波高 0.5m 視界 良好	4 台 スラスター, 5 台 発電機 on line, 0 台 発電機 standby Bus tie open 2 redundant groups	3 DGNSS online 1 laser 3 Gyro、3 MRU、2 Wind sensors

事故の時系列 (オフショア 操船 2018 年 IMCA 報告書)

時間	登場人物		
	DPO	Installation (貨物責任者)	Engineer
15:18	Joystick 制御で、方位 設定をした		
15:22		2 台の油圧ポンプシステムが 稼働した 脚 (leg) が下がり始めた	
15:25		さらに 2 台のポンプが稼働し た	
15:27			
15:28	操船モードを手動制 御に切り替えた		No. 1, 3 発電機が故障した 自動で Bus tie closed にし た
15:28 15:45	手動制御で位置を保 持した		
15:45	船首スラスターがも との状態に戻った		
15:46			
15:48	自動操船で DP 操船を した	4 つの油圧ポンプシステムが 同時に稼働し始めた	全ての発電機が稼働した
15:50	作業位置に戻り、作 業を開始した		全てのスラスターが稼働し た
16:30	船は最終的な位置に 到達した		
16:40			
		全ての脚 (leg) に重りを設置 した	

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性& 組織の安全管理 システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操 船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐため の設定及び位置 保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中 における十分な 時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーシ ョンと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 3 DP 船の事故例

事故の時系列（飽和潜水 2018 年 IMCA 報告書）

時間	登場人物			
	DPO	Diver（潜水士）	船長	Engineer
		右舷側からの潜水開始，Bell に 1 名、Bell の外に 2 名		
01:12	DP 警報 “Azimuth main 6 not ready” - clump weight に戻るように潜水士に要求した			
01:15	DP 警告 “Consequence analysis drift off” が出た			
01:22	船長を呼んだ		DPO から呼ばれた	
01:24	制御画面に” start failure” 警報が出たため、スラスタ 6 台を試運転するようにエンジンルームに要求した			スラスタの試運転開始した
01:26		潜水士 2 名が、Bell に戻る		
01:28	DP 警告 “Consequence analysis” 出た			
01:37	右舷側から Bell を回収することを潜水チームに伝達した			
01:49		右舷側からの Bell が水面に到達した		
02:00		ROV を回収した		
02:02	DP 船は動き始めた			
02:56	DP 船は、最初の位置から 500m 海域まで動いた			

天候, スラスタ, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスタ、エンジン系統	PRS
風力 10kt 潮流 0.9kt 波高 2.5m 水深 121m 視界良好	7 台 スラスタ, 4 台 発電機 on line, 4 台 発電機 standby Bus tie open 2 redundant groups	2 DGNSS online 1 standby 3 Gyro、2 MRU、2 Wind sensors Heading 233°

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性& 組織の安全管理 システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操 船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐため の設定及び位置 保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中 における十分な 時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーシ ョンと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 4 DP 船の事故例

天候, スラスタ, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスタ、エンジン系統	PRS
風力 25kt 潮流 1.4kt 波高 1.9m 水深 1540m 視界 良好	6 台 スラスタ, 4 台 発電機 on line, 3 台 発電機 standby Bus tie open 2 redundant groups	2 DGNSS online 1 standby 3 Gyro, 2 MRU, 2 Wind sensors Heading 233°

事故の時系列 (オフショア 2018 年 IMCA 報告書)

時間	登場人物		
	DPO	ETO (電気系統の専門家)	OIM
05:58	DP 警報 “ Error net B ”、 “ DP OS 1, OS 2, OS 3 ”		
	“Network communication alarm” Net B に接続した全ての装置		
	DP 警報 “ PS Degraded “ の後、 DP 制御が、B から A に自動で移動した		
	ETO と OIM に連絡した	船橋から連絡を受けた	船橋から連絡を受けた
06:03		問題解決するために船橋に行った	
	IP address が分かり、DP controller B に疑いが高まった		
	警報が落ち着いた		
06:15	DP controller B が再開した		
次の日 00:56	手動操船をした DP controller B が再開した		
	再スタートしてから警報は鳴らなかった		

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 &組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 5 DP 船の事故例

事故の時系列（飽和潜水 2018 年 IMCA 報告書）

時間	登場人物				
	DPO	SDPO (DP の専門家)	Diver (潜水土)	船長	Engineer
	FPS0 内に錨泊状態であり、向かい風を受けている状況であった				
01:46	DP 警報が鳴った				右舷アジマススラストが停止した
		潜水土がすぐに Bell (clump weight) に移動し、戻るように指示した			
		エンジンルームに最初に連絡した船長に報告をした		SDPO から報告を受けた	SDPO から報告を受けた
01:49	DP 警報 ” Consequence analysis “				
01:50					
01:53					
	右舷アジマススラストが DP に再設定した低速に設定した				右舷アジマススラストが回復したことを船橋に報告した
01:55	右舷アジマススラストは DP に再設定した				

天候, スラスタ, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスタ、エンジン系統	PRS
風力 15kt 潮流 1.8 kt 波高 2.0m 水深 127m 視界 良好	5 台 スラスタ, 4 台 発電機 on line, 3 台 発電機 standby Bus tie open	1 DGNSS online 1 HPR, 2 taut wire 3 Gyro、3 MRU、3 Wind sensors

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 &組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 6 DP 船の事故例

天候, スラスタ, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスタ、エンジン系統	PRS
風力 20kt 090° 潮流 0.6kt 波高 1.6m 水深 1540m 視界 良好	6 台 スラスタ, 4 台 発電機 on line, 4 台 発電機 standby Bus tie open 2 redundant groups	1 DGNSS online 1 HPR, 2 taut wire 3 Gyro, 3 MRU, 3 Wind sensors Heading 233°

事故の時系列 (飽和潜水 2018 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時間	DPO	Diver (潜水士)
21:26	DP 警報 “Self-test Error” が発生した DP 制御 A に問題があった DP 警報のエラーを調査した	
	DPS の故障はなく、通常通り、操船可能な状態であった	
21:30		DP 船の左舷側から Bell を投下した
		DP 警報を調査中、Bell の中に潜水士が待機した
22:00	DP 制御 A のプログラム部品を調べた	
	部品を新しいものに交換した	
22:35		DP 船の左舷側から Bell を投下した
22:37	DP 制御 A を停止させた	
22:48	DP 制御 A を起動させ、試運転をした エラーは問題がなかった	
22:57		潜水作業を開始した

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 &組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 7 DP 船の事故例

天候, スラスタ, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスタ、エンジン系統	PRS
風力 6kt 潮流 1.0kt 波高 1.0m 水深 45m 視界 良好	5 台 スラスタ, 4 台 発電機 on line, 2 台 発電機 standby Bus tie close	3 DGNSS online 1 HPR on standby 1 taut wire 利用不可 3 Gyro、2 MRU、3 Wind sensors

事故の時系列 (掘削 操船 2018 年 IMCA 報告書)

時間	登場人物		
	DPO	Engineer	Driller (掘削の専門家)
16:10 19:15			掘削パイプを投入した
19:15	掘削作業を開始した		
19:45		左舷主機が停止した 軸発の停止と1台のサイドスラスタが故障した 右舷主機と2台のサイドスラスタの稼働を確認した	
19:46	DP 警報 (黄色) ” loss of redundancy” が発生した		掘削作業を中止した
19:46 21:16		燃料パイプの修理をした 軸発, 1 台のサイドスラスタが回復した	
21:16	掘削作業を再開した		

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 & 組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は 操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び 位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業 中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報 共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 8 DP 船の事故例

天候, スラスタ, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスタ、エンジン系統	PRS
風力 15kt 潮流 0.4kt 波高 1.5m 水深 90m 視界 良好	5 台 スラスタ, 3 台 発電機 on line, 2 台 発電機 standby Bus tie open 2 redundant groups	2 DGNSS online 1 laser 3 Gyro、2 MRU、2 Wind sensors

事故の時系列 (貨物 (作業) 2018 年 IMCA 報告書)

	登場人物		
時系列	DPO	SDPO(DP の専門家)	Installation (貨物責任者)
1			持ち運び用の清水ホースの準備をした
2		DP 船が Installation に低速で接近したことに気付いた	
3	Installation から離れていることは確認できなかった		
4	スラスターの反応が悪かった Joystick 制御で移動した		
5	手動操船に切り替えた		
6	制御モードに異常はなかった		
7			持ち運び用の清水ホースを外した
8	DP 船は installation から離れた		

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 &組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 9 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 16kt 潮流 1.2kt 波高 2.2m 水深 92m 視界 良好	7 台 スラスター, 4 台 発電機 on line, 2 台 発電機 standby Bus tie open 2 redundant groups	4 DGNSS online 1 HPR, 1 laser 3 Gyro、3 MRU、2 Wind sensors

事故の時系列 (飽和潜水 2018 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時系列	DPO	Diver (潜士)
1	FPSO が錨泊していたところで潜水作業をした	
2	DP 警報 “Gyro 2 not ready “が発生した DPS から No.2 Gyro の機能を除外した	
3	DP 警報 (黄色) が発生した	
4	No.2 Gyro に電力がきていなかった	
5		ROV, Bell を回収した
6	調査終了の為、DP 船は海域から離れた	

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 & 組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 10 DP 船の事故例

天候, スラスタ, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスタ、エンジン系統	PRS
風力 10kt 潮流 0.8kt 波高 1.0m 水深 30m 視界 良好	4 台 スラスタ, 4 台 発電機 on line, 0 台 発電機 standby Bus tie open 2 redundant groups	2 DGNSS online 1 radar 3 Gyro、2 MRU、2 Wind sensors

事故の時系列 (オフショア 操船 2018 年 IMCA 報告書)

	登場人物		
時系列	DPO	Engineer	Installation (貨物責任者)
1	DP 船が Installation から 500m 海域内を航行中であった		
2		船首スラスタールームから、燃えた臭いに気付いた	
3		船首スラスタールームからの燃えた臭いの発生源は明らかにできなかった	
4		普段よりも排気ファンの熱が高かった	
5	Installation に調査を要求した		
6			Gangway を使用して Installation の人員の労働力を削減した
7	Installation から 500m 海域内を出た		
8		コンデンサーの修理をした	
9	船首スラスタのテストを実施し、操船可能であった		

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 &組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は 操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための 設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業 中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報 共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 11 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 3 kt 潮流 1.0kt 波高 0.9m 水深 526m 視界 良好	7 台 スラスター, 3 台 発電機 on line, 4 台 発電機 standby Bus tie open	2 DGNSS online 1 HPR 3 Gyro、3 MRU、3 Wind sensors

事故の時系列 (掘削 操船 2018 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時系列	DPO	Driller (掘削の専門家)
1	DP に設定した	
2	右舷側のスラスターの出力が低下した	
3	DP 警報 (黄色) が鳴った	
4		掘削作業を中止した
5	再設定した他のスラスターを修理した	

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 & 組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は 操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための 設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業 中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報 共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 12 DP 船の事故例

天候, スラスタ, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスタ、エンジン系統	PRS
風力 12kt 潮流 1.7kt 波高 0.3m 水深 50m 視界 良好	5 台 スラスタ, 4 台 発電機 on line, 2 台 発電機 standby Bus tie close	3 DGNSS online 1 taut wire standby 3 Gyro、3 MRU、2 Wind sensors Heading 233°

事故の時系列 (掘削 操船 2018 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時間	DPO	Driller (掘削の専門家)
23:48	DPS の装置 (UPS, DGNSS) が故障した	
23:50	DGNSS No. 1&3 の電力が低下した	
	DP 警報 (赤色) “loss of redundancy “ が鳴った	
00:01	DGNSS No. 1& 3 の使用を開始した DGNSS No. 2 を併用した	
	No redundancy of Power supply	
00:08	DP 警報 (黄色) が鳴った	
00:17	Taut wire を展張した	
00:22	Taut wire が安定した	
00:35	掘削作業が開始した	
00:50	UPS の交換をした DGNSS No. 1 & No. 3 の電力が安定した	

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 & 組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 13 DP 船の事故例

天候, Class, PMS (Power Management System), Redundancy

天候	Class 、エンジン系統
風力 12 kt 潮流 1.5kt 視界 良好	DP class 2 Bus tie open 2 redundant groups

事故の時系列 (貨物 操船 2018 年 IMCA 報告書)

	登場人物			
時系列	DPO	Engineer	船長	Installation (貨物責任者)
1		左舷船尾アジマススラスタが故障した		
2		他のスラスターで補った		
3	船長に相談した		DPO から相談を受けた	
4	DP 制御から手動制御に切り替えた			
5	船位保持ができなかった 貨物責任者に連絡をした			船橋から連絡を受けた
6	スラスターの調査の為、港に戻る決断を決定した			

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 &組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 14 DP 船の事故例

天候, スラスタ, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスタ、エンジン系統
風力 4.0kt 潮流 3.0kt 波高 1.5m 視界 良好	4 台 スラスタ, 4 台 発電機 on line, Bus tie closed 2 redundant groups

事故の時系列 (パイプ 操船 2018 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時系列	DPO	Engineer
1	DP 船は 500m 海域内の Installation にいた	
2		No. 1, 3 発電機が故障した
3		No. 2 発電機が故障した
4	船内全体で停電が発生した	
5	船内の一部の停電が回復した	
6		No. 1, 3 発電機が回復した
7	操船位置から船は 35m 離れた	
8	パイプを放し、発電機の点検の為、 安全な位置に移動した	
9		No. 2 発電機自体が故障した

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 & 組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 15 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 4.0 kt 潮流 0.3kt 波高 0.2m 水深 74m 視界 良好	スラスター, 3 台 発電機 on line, 3 台 発電機 standby Bus tie closed	2 DGNSS online 1 HPR 1 taut wire 3 Gyro、3 MRU、2 Wind sensors

事故の時系列 (飽和潜水 2017 年 IMCA 報告書)

時系列	登場人物	
	DPO	Diver (潜水士)
1	DP 船は installation から 15m 離れた	
2	DP 警報 “ Faulty controlled card” セルフテストエラーがでた	
3	潜水士に DP 船まで戻るように指示した	
4		潜水士が海面まで戻った
5	DP 船が installation から 40m 移動した	
6	再起動を含めた点検を行った Controlled card の中止を実施した	
7	点検中、スラスターが急に出力が上がった	
8	レバーでモードの変更を試みたが、十分でなかった	
9	船が installation に衝突し、船と installation に傷が発生した	

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 & 組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 16 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 5kt 潮流 3.9kt 波高 1.0m 水深 1259m 視界 良好	6 台 スラスター, 3 台 発電機 on line, 3 台 発電機 standby Bus tie closed	2 DGNSS online 2 HPR 3 Gyro、3 MRU、3 Wind sensors

事故の時系列 (掘削 操船 2017 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時系列	DPO	Engineer
1		No. 2 発電機の警報が作動した
2		5 分後、No. 2 発電機を接続解除した
3	DP 警報 “ Demand reduced on thruster by external system “ が発生した	
4	予想警報 (掘削フロア) が出た	
5	DP 警報 “ out of position 3m “ が発生した	
6	スラスターのフィードバックはなかった スラスターの設定を誤った	
7	DP 警報 (黄色) が発生した 設定した位置から 8m 離れた	
8	船速 0.6 kt, 船位は、設定位置から 15m であった	
9	DP 警報 (赤色) が発生した 53m 離れた	
10	Joystick で移動した (スラスターからのフィードバック)	
11	Joystick 制御で移動した	
12	手動制御で移動した No. 1 & 6 thruster を起動した	
13	DP 船の速力を減速させた No. 3 & 4 thruster を起動した	
14	操船位置から 400m 離れた	

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 & 組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 17 DP 船の事故例

天候, スラスタ, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスタ、エンジン系統	PRS
風力 13 kt 潮流 1.1kt 波高 2.0m 水深 90m 視界 良好	7 台 スラスタ, 3 台 発電機 on line, 3 台 発電機 standby Bus tie closed	3 DGNSS online 1 HPR 3 Gyro、3 MRU、4 Wind sensors

事故の時系列 (ケーブル 操船 2017 年 IMCA 報告書)

	登場人物			
時系列	DPO	Engineer	ROV	ケーブル
1				ケーブルの敷設を開始した
2		No.5 Azimuth thruster を停止させた		
3		DP 船は 200m 後 進に移動した		
4		DP 警報が発生した No.6 Azimuth thruster “Prediction error “	ROV を使用し て調査した	
5		No.6 thruster が停止し た		
6		ROV で調査する為、No.7 thruster を停止させた		
7			No.6 thruster にロープが入 り込んでいた	
8	スラスタの故 障に問題はなか った			ケーブルの敷設を再 開させた
9		No.6,7 thruster が稼働 した		
10				

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性& 組織の安全管理 システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操 船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐため の設定及び位置 保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中 における十分な 時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 18 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 5kt 潮流 2.1kt 波高 0.5m 水深 36m 視界 良好	6 台 スラスター, 4 台 発電機 on line, 2 台 発電機 standby Bus tie open	2 DGNSS online 1 taut wire, 1 HPR 3 Gyro、3 MRU、3 Wind sensors

事故の時系列 (飽和潜水 2017 年 IMCA 報告書)

時間	登場人物		
	DPO	Engineer	Diver (ROV)
	DP standby 状態であった		ROV を海面に降下した Bell は、甲板にあった
00:49	DP 警報” No.1 Bow thruster not ready “ ピッチが 50%と表示された		
00:51	スラスターが反応しなくなった		
	スラスターピッチが 0 になった		
	2 台のバウスラスターを使用した		
01:20		ピッチ制御が基準より超えた	
01:30	DP 船が作業位置から 200m 離れた		
02:30		スラスターのテストが完了した バルブを交換した	
03:00	DP 操船が再開した		

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 & 組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 19 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 38 kt 潮流 2.6 kt 波高 2.4m 水深 542m 視界 良好	7 台 スラスター, 5 台 発電機 on line, Bus tie closed	3 DGNSS online 1 HPR 3 Gyro、3 MRU、3 Wind sensors

事故の時系列 (掘削 2017 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時間	DPO	Engineer
03:30		エンジンルームで smoke alarm が出た
		No. 5 発電機が停止した
		No. 6 発電機 standby とした
		No. 5 発電機 停止した
		No. 5 発電機の残り火を発見した
03:45		持ち運び消火器で火を消すことができた
05:05	DP 警報(黄色) と火災警報 (エンジンルーム) が発生した	
05:10	安全な状況であることが確認された	
05:35	船員が無事であることが安全確認された	

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性& 組織の安全管理 システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操 船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐため の設定及び位置 保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中 における十分な 時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーシ ョンと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 20 DP 船の事故例

天候, スラスタ, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスタ、エンジン系統	PRS
風力 14.0 kt 潮流 0.7 kt 波高 1.9 m 水深 60m 視界 良好	4 台 スラスタ, 4 台 発電機 on line, 1 台 発電機 standby Bus tie open 4 redundant groups	2 DGNSS online 1 laser 3 Gyro、2 MRU、3 Wind sensors

事故の時系列 (貨物 (作業) 2017 年 IMCA 報告書)

時間	登場人物	
	DPO	Installation (貨物責任者)
06:20	到着チェックリストが管理する (ブリーフィング)	
	Installation から 500m の海域に進入し、貨物施設付近に待機した	
	DP 警報 “ DGNSS-1 No differential Data received “が発生した	
	DGNSS-1 の点検が行われた	
	DGNSS-1 の点検をしたところに影響はなかった	
		ケーブルの点検を実施した
	水がアンテナ接続部に進入した	
	DGNSS No. 1 は元の状態に戻った	
07:25	操船の継続、DGNSS の設定をした	

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 &組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 21 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 7.0 kt 潮流 1.4kt 波高 0.7m 水深 60m 視界 良好	5 台 スラスター, 4 台 発電機 on line, 1 台 発電機 standby Bus tie open	2 DGNSS online 1 laser 2 taut wire 3 Gyro、3 MRU、2 Wind sensors

事故の時系列 (貨物 2017 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時系列	DPO	Engineer
1	Installation から 15m 離れた	
2	DP 警報 “ Failure UPS No.1” が発生した	
3	DP 警報 “No.1 & 4 thruster、 DGNSS No.1, MRU 1 & 2 gyro No.3, 左舷 Taut wire “が発生した	
4	制御モードは DP のままにし、10m 右 に移動した	
5	No.1 UPS が回復した	
6	左舷 Taut wire が回復した	
7		No.1 & 4 thruster、DGNSS No.1, MRU 1 & 2 gyro No.3 が回復した

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性& 組織の安全管理 システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操 船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐため の設定及び位置 保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中 における十分な 時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 22 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 5kt 潮流 0.6kt 波高 0.5m 水深 44 m 視界 良好	4 台 スラスター, 2 台 発電機 on line, 3 台 発電機 standby Bus tie open	2 DGNSS online 1 standby 3 Gyro、2 MRU、3 Wind sensors

事故の時系列 (貨物 (作業) 2017 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時間	DPO	Installation (貨物責任者)
11:55	貨物船と DP 船がホースで接続した	
14:35		
14:35	DP 船は、到着点まで逆波を受けた 到着点をレーダによって検証した	船橋から連絡を受けた
	Installation に連絡した ホースを外した	
	DP 船は、Surge を外し、joystick を使用した	
14:43	逆波を受けたため、Installation から 150 m 離れた	
	最大 5° 方位変化、最大 3m 前後移動した	
14:52	DP 船は、逆波を受けた 船は DP に設定した	
	DP 船は Installation に戻った	

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性& 組織の安全管理 システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操 船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐため の設定及び位置 保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中 における十分な 時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 23 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 4kt 潮流 0.3kt 波高 0.1m 水深 60m 視界 良好	5 台 スラスター, 4 台 発電機 on line, 1 台 発電機 standby Bus tie open	3 DGNSS online 1 standby 3 Gyro、1 MRU、2 Wind sensors

事故の時系列 (オフショア 2017 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時系列	DPO	Engineer
1	500m 海域の外に船は、操船していた Standby mode にしていた	漏れが清水冷却パイプのコンプレッサーから発見した
2		2cm の深さまで、コンプレッサー室から水が出た
3		制御室に水が入った
4		メイン配電盤 440 V が水浸しになった
5		配電盤は防水用であった

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 &組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は 操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための 設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業 中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報 共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 24 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 6kt 潮流 1.5kt 波高 2.0m 水深 470m 視界 良好	6 台 スラスター, 4 台 発電機 on line, 3 台 発電機 standby Bus tie closed	2 DGNSS online 1 HPR standby 3 Gyro、3 MRU、2 Wind sensors

事故の時系列 (ROV 操船 2017 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時系列	DPO	ROV
1	DP 警報 “ no position information from DGNSS No.1 & 2 “が発生した	
2	DP モードを継続した	
3	ROV の回収を指示した	ROV の回収を始めた
4		ROV を甲板上にあげた
5	Joystick 制御に切り替えた	

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 &組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 25 DP 船の事故例

天候, スラスタ, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスタ、エンジン系統	PRS
風力 20kt 潮流 1.0kt 波高 2.0m 水深 4800m 視界 良好	4 台 スラスタ, 4 台 発電機 on line, 3 台 発電機 standby Bus tie closed	2 DGNSS online 1 standby 3 Gyro、2 MRU、2 Wind sensors

事故の時系列 (ケーブル 操船 2017 年 IMCA 報告書)

	登場人物		
時間	DPO	Engineer	Cable
	ケーブル設定のため、DPS の設定を開始した		ケーブル設置の準備をした
	Auto track mode に切り替えた コース: 045° / 速力: 0.76 m/s 次の変針点までの距離: 60000m であった		
03:15	コースからのずれをなくすため、次の変針点を調整した		
03:16	DP 警告 "5m off track followed 3 second later" が発生した DP 警報 "10m off track" が発生した		
		3 台の発電機を稼働した	
03:17	右舷プロペラが故障した		
	船速 1.8 m/s, No. 3 アジマススラスタ 100 %に設定した		
	左舷プロペラを DP に設定した		
	100 % まで左舷プロペラの出力を上げた		
	3 台 発電機が稼働し、bus tie closed にした		
	DP joystick 制御に設定した		
03:24	DP 船は低速し、DP を自動制御に設定した		

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 &組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 26 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 19kt 潮流 0.9kt 波高 1.0m 水深 29m 視界 良好	5 台 スラスター, 2 台 発電機 on line, 2 台 発電機 standby Bus tie open 2 redundant groups	3 DGNSS online 1 standby 3 Gyro、3 MRU、3 Wind sensors Heading 345°

事故の時系列 (ROV 2017 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時間	DPO	ROV(潜水チーム)
		ROV の海底調査を実施した
05:50	6 時間毎に DP チェックリストを始めた	
05:53	DP 状態 (ランプテスト) の確認をした	
	パネルのライトが光らなかった	
	No. 2 UPS が故障した	
	DP は安全であることが確認された	
05:53		DPS の安全を確認したことを知った
06:10	No. 2 UPS は調査中であった	

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 & 組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 27 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 6kt 潮流 1.8kt 波高 0.8m 水深 246m 視界 良好	5 台 スラスター, 4 台 発電機 on line, 2 台 発電機 standby Bus tie open 2 redundant groups	2 DGNSS online 1 HPR, 1 taut wire 1 radar 3 Gyro, 3 MRU, 3 Wind sensors

事故の時系列 (ROV 操船 2017 年 IMCA 報告書)

時間	登場人物		
	DPO	ROV	ETO (電気系統の専門家)
		海面に ROV を降下した	
15:55	ETO の詳細な仕事の内容は知らなかった		UPS を確認するために、船橋に来た DPO の許可を得た
16:14	DPS と船橋計器の全ての電力が停止した		
16:15		ROV に問題はなく、緊急な状態ではないと判断した	
			電力低下していることを確認した
			No. 1, 2 UPS の電源が回復した
		ROV を回収した	
16:17	船は安全な状態になった		

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 & 組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 28 DP 船の事故例

事故の時系列（掘削 操船 2017 年 IMCA 報告書）

	登場人物		
時間	DPO	Driller	Engineer
20:35	DP 警報” Azimuth aft port prediction error pitch”		
			ピッチコマンドと制御が完全に調整不足であった
	DP 船の位置が前後方向に行き過ぎた		
	エンジンルームから連絡を受けた		4 台の発電機を再開するため、船橋に連絡をした
20:36		操 船 を 止 め る た め、船橋に連絡した	
	DP から左舷船尾アジマススラストを選択解除した		
	DP 警報 “ Insufficient thrust “が発生した		
	DP 警報 “ Heading out of limit “が発生した		
	左舷スラスターを再設定した		
	DP 船の位置が前後方向に行き過ぎた		
	Surge 制御（Joystick）を選択解除した		
20:46	DP 船は前後 25m 以上、行き過ぎた		
		Drill stringer が故障した	
20:51	DP 警報は、解除した Surge の制御は、再び gain を設定した		

*Drill stringer：掘削管などをつないで掘削するための油井内に降ろされた一連のパイプ

天候, スラスタ, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスタ、エンジン系統	PRS
風力 20kt 潮流 1.2kt 波高 1.0m 水深 70m 視界 良好	4 台 スラスタ, 3 台 発電機 on line, 1 台 発電機 standby Bus tie open	2 DGNSS online 1 HPR, 1 laser 3 Gyro, 2 MRU, 2 Wind sensors

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 &組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 29 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 11 kt 潮流 0.6kt 波高 0.1 m 水深 64m 視界 良好	4 台 スラスター, 3 台 発電機 on line, 1 台 発電機 standby Bus tie closed	2 DGNSS online 1 laser 3 Gyro、2 MRU、3 Wind sensors

事故の時系列（貨物（作業）2017 年 IMCA 報告書）

	登場人物	
時間	DPO	Engineer
14:50	Installation から 500m 離れた海域に 進入した チェックリストを完成させた	
15:30		燃料油の移送のため、ホースを接続した
15:53		燃料油の移送を開始した
16:26	No. 1 DGNSS の信号を失った	
16:28	No. 2 DGNSS の信号を失った	
	両方の DGNSS は画面がかたまった ロックされた	
16:35		燃料油の移送は中止し、ホースは解除した
16:50	船は 500m 海域を出発した	
17:00	No. 1 & 2 DGNSS の再起動をした	
17:55	船は DP に設定した	

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 & 組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 30 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 15kt 潮流 2.5kt 波高 1.5m 水深 1690 m 視界 良好	5 台 スラスター, 2 台 スラスター standby, 3 台 発電機 on line, 1 台 発電機 standby	3 DGNSS online 1 standby 3 Gyro、3 MRU、3 Wind sensors

事故の時系列 (掘削 操船 2017 年 IMCA 報告書)

時系列	登場人物	
	DPO	調査チーム
1	DP モードに設定した	
2		CTD を約 900m まで降下した
3	2 台の DP OS が、停止した	
4	DP OS が、Offline 状態になった	
5	3 台のジャイロ等の PRS に入力ミスがあった	
6	DP 警報 (赤色) が出た	
7	手動でスラスターを制御した	CTD を戻した
8	2 台の DP OS の再起動を行った	
9	DP 操船を再開した	

*CTD : 塩分濃度、電気伝導度、水深、水温を観測する装置

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性& 組織の安全管理 システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操 船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐため の設定及び位置 保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中 における十分な 時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーシ ョンと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 31 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 12kt 潮流 1.2kt 波高 1.5m 水深 2017m 視界 良好	6 台 スラスター, 4 台 発電機 on line, 4 台 発電機 standby Bus tie open 2 redundant groups	4 DGNSS online 1 HPR 3 Gyro、3 MRU、3 Wind sensors

事故の時系列 (掘削 操船 2017 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時系列	DPO	Engineer
1		高圧ブレーカの故障 (No. 5 発電機)
2		No. 8 発電機 (左舷) を起動した
3	No. 6 発電機を起動した	
4	No. 7 発電機を起動した	PMS の出力に限界があった
5		No. 6, 7 発電機を左舷 bus に接続した
6	No. 6, 7, 8 発電機が低出力であったことを確認した	
7	No. 7 発電機を解除した	
8	PMS の点検中、操船を続けた	

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性& 組織の安全管理 システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操 船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐため の設定及び位置 保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中 における十分な 時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーシ ョンと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 32 DP 船の事故例

天候, スラスタ, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスタ、エンジン系統	PRS
風力 14kt 潮流 1.2kt 波高 2.0m 視界 良好	4 台 スラスタ, 2 台 発電機 on line, 3 台 発電機 standby Bus tie open 2 redundant groups	2 DGNSS online 1 laser 3 Gyro、2 MRU、2 Wind sensors

事故の時系列 (貨物 操船 2016 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時系列	DPO	Engineer
1	DP 警報 “Saft generator No.2 stopped “が鳴った No.2 軸発の故障後、自動制御で船位を維持した WSOG (ガイドライン) を実施した	
2		1 台船首スラスタ使用不可、1 台船尾スラスタ使用不可、右舷スラスタ使用不可となった
3	手動操船に切り替えた	
4	DP 船は Installation から離れた	

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性& 組織の安全管理 システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操 船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐため の設定及び位置 保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中 における十分な 時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーシ ョンと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 33 DP 船の事故例

天候, スラスタ, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスタ、エンジン系統	PRS
風力 4.0kt 潮流 1.4kt 波高 0.5m 水深 245m 視界 良好	6 台 スラスタ, 2 台 発電機 on line, 3 台 発電機 standby Bus tie open	2 DGNSS online 1 standby 3 Gyro、3 MRU、4 Wind sensors

事故の時系列 (パイプ 操船 2016 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時系列	DPO	Engineer
1		No. 3 発電機が故障した
2	船内が停電した	
3		No. 2, 3, 5, 7 スラスタが利用できなくなった
4	No. 2 配電盤で、出力を維持した	
5	No. 4, 6 スラスタで船位を維持した	
6	発電機の使用状況を認識していなかった	No. 2, 4 発電機を自動で開始した
7		停電システムの回復システムを開始した
8	DP にスラスタの選択をした	
9		出力 (PMS) は、保持した
10	DP 操船を再開した	

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 & 組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 34 DP 船の事故例

天候, スラスタ, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスタ、エンジン系統	PRS
風力 6.0 kt 潮流 1.0 kt 波高 0.8 m 水深 23 m 視界 6.0 mile	5 台 スラスタ, 2 台 発電機 on line, 1 台 発電機 standby	2 DGNSS online 1 laser, 1 radar 3 Gyro、3 MRU、2 Wind sensors

事故の時系列 (オフショア 操船 2016 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時系列	DPO	Installation（貨物責任者）
1	DP 船は、Installation から 500m 海域外で待機した	
2	DP 船は Installation まで移動した	
3	DP 船は方位と位置を設定した	
4	Offshore Access System（OAS）を使用して DP 船は、Installation と左舷船尾に接続した	
5	OAS のセンサーが黄光になった	
6	OAS のセンサーが緑光（安全に使用可）になった	
7	DP 船の回頭半径を Installation の中心に設定した	
8	スラスタの出力を急に上がった	
9	DP 船の船首が右回頭し、Installation に接近した	
10	OAS を停止した	
11	DP mode から手動に切り替えた	
12	Installation から 500m 海域を出た	

*Offshore Access System (OAS) : 人や貨物を Installation に運ぶために使用されるシステム

報告書からの追加事項

重要な操船をするときは、回頭半径を変更しない。また、船首方位を操作する場合、レバーに力が入るため回頭半径を変更する場合、DPO が必ず出力の調整を行う必要があった

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 &組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 35 DP 船の事故例

天候, スラスタ, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスタ、エンジン系統	PRS
風力 14kt 潮流 2.0kt 波高 1.0m 水深 83m 視界 良好	5 台 スラスタ, 4 台 発電機 on line	2 DGNSS online 1 HPR, 1 taut wire 3 Gyro、3 MRU、2 Wind sensors

事故の時系列 (飽和潜水 操船 2016 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時系列	DPO	SDPO (DP の専門家)
1	Surge ボタンを気づかずに押した (DPO は Surge ボタンを押していないと思っていた)	
2	Gain 制御ができなくなった	
3		DP Footprint とスラスタを確認した
4	制御モードを No.2 OS に切り替えた	
5	No.1 OS の設定を行った	
6	船が動き始めたことに気づき、surge ボタンを解除した	
7	Present position button を押した	
8	船位が安定した	

*DP Footprint: 過去の DP の航跡を残したシート (資料 11 参照)

報告書からの追加事項

Surge ボタンを気づかずに押したとき、DPO は複数の作業を行っていた可能性が高かった。船が設定した操船可能な円より外側で船位と警報の監視をする必要があった。

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 & 組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 36 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 8.0kt 潮流 Nil 波高 0.5m 水深 63m 視界 良好	4 台 スラスター, 2 台 発電機 on line, 2 台 発電機 standby Bus tie open	2 DGNSS online 1 laser, 1 radar 3 Gyro、2 MRU、2 Wind sensors

事故の時系列 (貨物 操船 2016 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時系列	DPO	Installation（貨物責任者）
1	DP 警報 “Port azimuth thruster unavailable “ が出た	
2	船位を保持した	
3	バルク貨物のホースを接続解除した	
4	DP 船は作業終了した為、移動した	
5	Installation から 500 m 海域を出た	

報告書からの追加事項

DPO を含めた乗組員は良好な操船手順を実施し、作業を修了させた。

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 & 組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 37 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 8.0kt 潮流 2.0kt 波高 1.0m 水深 27m 視界 良好	スラスター, 発電機 on line, Bus tie open	2 DGNSS online 1 laser standby 3 Gyro、2 MRU、2 Wind sensors

事故の時系列 (オフショア 操船 2016 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時系列	DPO	Engineer
1	OS No. 2 を使用して制御した	
2	自動方位制御を行った DP joystick 制御にした	
3	船速を 1.2 kt にした	
4	Joystick で減速させた	
5		スラスターが故障した
6	No. 2 OS にスラスターの設定を起動しなかった	
7	No. 1 OS にスラスターの設定を起動させた	
8	No. 1 OS を使用して制御した	
9	スラスターの制御が正しく機能した	

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性& 組織の安全管理 システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操 船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐため の設定及び位置 保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中 における十分な 時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 38 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 11kt 波高 1.5m 水深 13 m 視界 良好	6 台 スラスター, 4 台 発電機 on line, Bus tie open	2 DGNSS online 1 radar 3 Gyro、2 MRU、2 Wind sensors

事故の時系列 (貨物 操船 2016 年 IMCA 報告書)

登場人物		
時系列	DPO	Installation (貨物責任者)
1	船はバルク掘削液を移送した	
2	短く高いうねりが発生した 浅い海域で船首からうねりを受けた	
3	船は前後 3m 移動した	
4	断続的に DP 警報 “Pitch propeller feedback fault “が発生した	
5	絶えず DP 警報 “Pitch propeller feedback fault “が発生した	
6	絶えずピッチ 45%にした	
7	DP で、位置が不安定になった	
8	手動制御を実施した	
9	右舷スラスターをピッチ 45%にした	
10	右舷スラスターを急に clutch を嵌め なかった	
11		バルク貨物ホースを接続解除した
12	船は Installation から 500m 海域を 出た	

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性& 組織の安全管理 システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操 船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐため の設定及び位置 保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中 における十分な 時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 39 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 25.0kt 潮流 0.8kt 波高 2.7 m 水深 115 m 視界 良好	スラスター 3 台, 発電機 2 台 on line, Bus tie open	2 DGNSS online 1 radar 3 Gyro、2 MRU、2 Wind sensors

事故の時系列 (オフショア 操船 2016 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時系列	DPO	Installation (貨物責任者)
1	Installation に DP 船を着岸させた	
2	クレーンリフト 3m まで動かした	
3	DGNSS 信号受信が不安定になった	
4	レーダーシステムが不安定になった	
5	PRS の信号が失った	
6	DP 船が動き始めていることに気付いた	
7		バルクホースを解除した
8	船のモードが安全になった	
9	DP 船は drift off の状態になった	
10	操船を再び始めた	

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 & 組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 40 DP 船の事故例

天候, スラスタ, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスタ、エンジン系統	PRS
風力 15kt 潮流 0.8kt 波高 4.5m 水深 83m 視界 良好	4 台 スラスタ, 4 台 発電機 on line, 0 台 発電機 standby	2 DGNSS online 2 DARPS 3 Gyro、2 MRU、2 Wind sensors

事故の時系列 (貨物 2016 年 IMCA 報告書)

時系列	登場人物	
	DPO	FPSO
1	貨物 (荷役) が終わった為、船は FPSO から離れた	
2		船が FPSO の後ろを通過した
3	FPSO との意思疎通を心配した	
4	DP 警報 “ bow azimuth thruster not ready “ スラスタが故障した	
5	DP 船は海域から離れた	

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 &組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 41 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 18kt 潮流 0.2kt 波高 2.0m 視界 良好	4 台 スラスター, 1 台 発電機 on line, 1 台 発電機 standby Bus tie open	2 DGNSS online 1 laser, 1 HPR 3 Gyro、2 MRU、2 Wind sensors

事故の時系列 (ROV 操船 2016 年 IMCA 報告書)

	登場人物		
時系列	DPO	Engineer	Installation(貨物責任者)
1	ROV 操船前に DP 船が 流された		
2		全ての推力を失った	
3	Installation の責任 者に連絡をした	船橋から連絡を受けた	Installation の責任者に連絡を受 けた
4	左舷主機の出力が回 復した		
5	Installation から 500m 海域を出発した		
6	DP 船の出力が回復し た		

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 &組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は 操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための 設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業 中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報 共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 42 DP 船の事故例

事故の時系列 (パイプ 操船 2016 年 IMCA 報告書)

	登場人物		
時系列	DPO	Installation（貨物責任者）	Engineer
1	船の船尾を Installation に接近させた	高圧なテストホースを Installation に接続した	
2			No. 2 燃料油の複式フィルターを交換した
3			No. 2 発電機は停止した
4			ブレーカを手動モードにした 非常用発電機が故障した
5	DP が停止した		全てのプロペラの出力が低下した
6		高圧なテストホースを Installation から接続を解除した	
7			bus を供給することができないため、No. 1 発電機は開始した
8	Installation 側に船が流された		
9			非常用発電機を手動から自動に切り替えた
10			左舷アジマススラストの出力が回復した
11	船は Installation から離れた		
12	右舷アジマススラストが回復したため、出力を制御した		
13			船首スラスタを稼働させた
14	制御を DP に設定した		

天候, スラスタ, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスタ、エンジン系統	PRS
風力 8.0kt 潮流 1.4kt 波高 0.2m 水深 64m 視界 良好	4 台 スラスタ, 2 台 発電機 on line, 1 台 発電機 standby Bus tie open	2 DGNSS online 1 laser 3 Gyro、2 MRU、3 Wind sensors

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 & 組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 43 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 15.0kt 潮流 2.5kt 波高 1.5m 水深 23m 視界 良好	5 台 スラスター, 4 台 発電機 on line, 0 台 発電機 standby Bus tie open	2 DGNSS online 2 taut wire 3 Gyro、2 MRU、2 Wind sensors

事故の時系列 (有人潜水 操船 2016 年 IMCA 報告書)

	登場人物		
時系列	DPO	Engineer	Diver (潜水士)
1	船は Installation に接近し、船の右舷側に接岸した		
2		低電圧になり、No. 3 船首スラスターが故障した	
3	潜水士に連絡をした		潜水士が船に戻った
4	船は、Installation から 500 m 海域を出た		

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 & 組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 44 DP 船の事故例

天候, スラスタ, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスタ、エンジン系統	PRS
風力 25kt 潮流 1.4kt 波高 1.9m 水深 68m 視界 良好	4 台 スラスタ, 1 台 発電機 on line, Bus tie open	2 DGNSS online 1 other system 3 Gyro、2 MRU、2 Wind sensors

事故の時系列 (貨物 操船 2016 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時系列	DPO	Engineer
1	貨物を運ぶために位置を変更した	
2	方位を 20° 右に変更した	
3	船は方位を変更した	
4	DP 警報 “ Azimuth thruster No.1 Unavailable “が発生した	
5		船首スラスタが最大推力となった
6	船は方位を失った	
7	手動制御に切り替えた	
8		船首スラスタが再び、最大推力とな った
9	Emergency stop (船首スラスタ ー) を実施した	
10	船は Installation から 500m 海域 を出た	

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 & 組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 45 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 16.0 kt 潮流 2.2kt 波高 1.5m 水深 127m 視界 良好	5 台 スラスター, 4 台 発電機 on line, 1 台 スラスター standby Bus tie open	1 DGNSS online 1 HPR, 2 taut wire 3 Gyro、3 MRU、3 Wind sensors

事故の時系列 (飽和潜水 操船 2016 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時系列	DPO	Diver (潜水士)
1		2 人の潜水士がゴム製のマットレスを回収した
2	マットレスとワイヤーが右舷アジマススラスタと絡まった	
3	DP 警報 (赤色) が発生した	
4		
5	船尾サイドスラスターが停止した	
6	船位を保持した (左舷アジマススラスタと 3 台の船首スラスターを使用した)	
7		Bell に 2 人の潜水士がいた
8		Bell を回収した
9	船の安全が確認できた	

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性& 組織の安全管理 システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操 船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐため の設定及び位置 保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中 における十分な 時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーシ ョンと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 46 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 1.0kt 潮流 0.3kt 波高 1.9m 水深 410m 視界 良好	6 台 スラスター, 1 台 スラスター standby 4 台 発電機 on line, 2 台 発電機 standby Bus tie open	4 DGNSS online 1 HPR standby 3 Gyro、3 MRU、 4 Wind sensors

事故の時系列 (パイプ 操船 2016 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時系列	DPO	ROV (潜水チーム)
1	DP 船は、敷設作業を実施し、パイプラインと Pipeline end termination (PLET) を接続した	
2	貨物バージと横抱きした	
3	No.3 & 5 スラスターが突然、停止した	
4		ROV は Tether Management System (TMS) によって回収した
5	PLET は pipe handling system (PHS) で安定した	
6	No.3 & 5 スラスターを再開させ、	
7	クレーンは PLET から接続解除した	
8	船は操船を続けた	

*PLET : パイプラインとパイプラインを接続するための海底にある接続装置である。

*TMS : ROV の “ガレージ” (ROV を保護する籠) であり、ケーブルの張力を維持し、ROV を保護する役目がある。

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 & 組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は 操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための 設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業 中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報 共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 47 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 13kt 潮力 Nil 水深 55m 視界 良好	3 台 スラスター, 2 台 発電機 on line, 2 台 発電機 standby Bus tie open	3 DGNSS online 1 standby 2 Gyro、2 MRU、2 Wind sensors

事故の時系列 (ケーブル 操船 2016 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時系列	DPO	Engineer
1	Auto track mode を実施した 船速 0.55 m/s, 回頭中心を Lay chute にした	
2	針路と方位を 009° に設定した	
3	変針点前に船速を 0.2 m/s まで、減 速した	
4	船首方位を 340° に設定した	
5	No.2 船首スラスターは選択しない で、No.3 船尾スラスターにした	
6		主機が最大回転数となった
7		船橋からの要求 (出力の増加) は、2 台 の発電機の故障を引き起こした
8		非常用発電機の配電制御システムが故 障した
9	DP 船は設定した位置から流速 0.4 m/s で流された	
10		出力が回復し、主機とスラスターに異 常はなかった
11	船は DP 操船のまま、停止した	

*Lay chute: ケーブルを安全に敷設するために設置される装置である。

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 & 組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 48 DP 船の事故例

天候, スラスタ, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスタ、エンジン系統	PRS
風力 12.0 kt 潮流 0.9kt 波高 0.6m 水深 67 m 視界 良好	5 台 スラスタ, 4 台 発電機 on line, 3 台 発電機 standby Bus tie open	3 DGNSS online 2 HPR 1 laser stand by 3 Gyro、3 MRU、3 Wind sensors

事故の時系列 (貨物 2016 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時系列	DPO	Engineer
1	Installation から 500m 海域の外で、 最終的な試運転を行った	
2	警報テスト、機能の一部、UPS の供給 スイッチをオフにした	
3	2 時間後、No. 2 UPS と関連する装置が停止した	
4	No. 1 UPS を使用して船は位置を保持した	

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 & 組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 49 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 8.0kt 潮流 0.3kt 波高 1.0m 水深 68 m 視界 良好	7 台 スラスター, 3 台 発電機 on line, 1 台 発電機 standby Bus tie open	2 DGNSS online 1 HPR, 1 taut wire standby 3 Gyro, 2 MRU, 2 Wind sensors

事故の時系列 (ケーブル 2016 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時系列	DPO	Plough（作業者）
1	Auto track mode に設定した 船速 0.3 m/s に設定した	
2	次の変針点の変更を行った	
3	船は Joystick mode を使用して次の変針 点に向かった	
4	船速 0.3 m/s を維持するため、スラス ターを使用した	
5	Joystick mode を選択し、速力と plough の張った状態について確認した Plough の状態に異常はなかった	
6	変針点の更新と確認を行った	
7	Auto track mode に変更した	
8	再び、Joystick を使用して船速を減速 させた	
9	船速を 1.0 m/s にした	
10	船速を 0.3 m/s まで速力を落とした	
11	システムが Auto track mode であるこ とを確認し、Joystick mode に選択した	
12	船を停止させ、船は安定した DP mode を使用して船位を維持した	

*plough: 海底ケーブルの設置に必要な機能を備えており、最小限のコストですることができる。

報告書からの追加事項

DPO があまりに時間の間隔を開けずに多くの仕事をしていたため、Joystick mode を不十分な監視を実施した。また、変針点の位置の変更を行った場合 (時系列 3)、船を停止させ、自動制御を選択する必要があり、plough を一時的に停止する必要があった。

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 & 組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 50 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 32kt 潮流 0.4kt 波高 3.0 m 水深 87 m 視界 良好	6 台 スラスター, 4 台 発電機 on line, 4 台 発電機 standby Bus tie open	3 DGNSS online 1 HPR 3 Gyro、3 MRU、3 Wind sensors Heading 233°

事故の時系列 (ROV 操船 2016 年 IMCA 報告書)

	登場人物	
時系列	DPO	ROV
1	PRS が off line であった	
2	No. 1, 2 OS が、standby になっていたことを知らなかった	
3	DP 警報は発生しなかった	
4	DP 船が流されたことを確認した	
5	DP 警報（赤色）が発生した	
6	DP 制御バックアップに切り替わった	
7	船は圧流を受けなかった	
8	DP に切り替えた	

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性& 組織の安全管理 システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操 船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐため の設定及び位置 保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中 における十分な 時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーシ ョンと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 51 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 20kt 潮流 1.2kt 波高 1.8m 水深 33 m 視界 良好	5 台 スラスター, 発電機 on line, Bus tie open	2 DGNSS online 1 HPR, 1 laser 3 Gyro、2 VRU、2 Wind sensors

事故の時系列 (有人潜水 操船 2015 年 IMCA 報告書)

	登場人物			
時系列	DPO	Diver	Installation（貨物責任者）	
1	船の左舷側を Installation に着岸させた 船は Installation から 15m 離れた			
2		潜水士が海面に移動した		
3	DP 警報 “ fails “ が発生した DP の警報音は出なかった			
4	DP 警報（赤色）が発生した			
5		潜水士は船に戻った		
6	船は Installation 側に流された			
7	手動に切り替えた			
8	Installation に連絡した			船橋から連絡を受けた
9	Installation を出航した			

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 &組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DP0 の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 52 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

風力 8.0kt 潮流 0.7kt 波高 0.7 m 水深 54m 視界 良好	4 台 スラスター, 2 台 発電機 on line, 2 台 発電機 standby Bus tie open	2 DGNSS online 1 taut wire 3 Gyro、3 MRU、3 Wind sensors
---	--	---

事故の時系列 (掘削 操船 2015 年 IMCA 報告書)

時系列	登場人物	
	DPO	Engineer
1	DP 操船を開始した	
2		船首、船尾スラスター “Lube oil low level alarm “ になった
3	船首、船尾スラスターの緊急ボタンを誤って押した	
4	船首、船尾スラスターが起動できなかった	
5	DP 警報 “ Consequence drift off” が発生した	
6	手動制御にした	
7	船首、船尾スラスターが稼働した	
8	DP 操船を準備した	

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性& 組織の安全管理 システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操 船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐため の設定及び位置 保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中 における十分な 時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 53 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 18.5kt 潮流 2.3kt 波高 1.9m 水深 450m 視界 良好	4 台 スラスター, 2 台 発電機 on line, Bus tie open	3 DGNSS online 3 Gyro、3 VRS、2 Wind sensors

事故の時系列 (ROV 操船 2015 年 IMCA 報告書)

	登場人物		
時系列	DPO	船長	Diver (潜水士)
1			ROV を投下した
2	DP 警報 “automatic mode inactive” が発生した		
3	DP standby mode にした		
4			
5	DP OS No.1 で手動操船に切り替えようとしたが、手動操船に切り替えることができなかった	自動制御にできなかったため、ROV を回収するように船橋に指示した	
6	DP OS No.2 で手動操船に切り替えた		
7	船は安定し、Joystick モードに切り替えた		
8	自動操船モードに切り替えることができた		
9			ROV を回収し、ROV の損傷はなかった
10	点検のため、DPS を再起動させた		
11	DPS の点検に異常はなかった		
12	DP 操船を再開した		

* 手動操船 : DPO は、surge 又は sway のいずれかのボタンのみで船を制御していた

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性& 組織の安全管理 システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操 船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐため の設定及び位置 保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中 における十分な 時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーシ ョンと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

資料 54 DP 船の事故例

天候, スラスター, PMS (Power Management System), PRS (Position Reference System)

天候	スラスター、エンジン系統	PRS
風力 8 kt 潮流 0.5kt 波高 1.0m 水深 93m 視界 良好	5 台 スラスター, 3 台 発電機 on line, 3 台 発電機 standby Bus tie closed	3 DGNSS online 2 HPR, 1 taut wire 3 Gyro, 3 MRU, 3 Wind sensors

事故の時系列 (飽和潜水 2015 年 IMCA 報告書)

時系列	登場人物	
	DPO	Diver
1	DP OS No.1 で操船していた (DP OS No.2 を待機していた)	
2	DP 警報 “Operator panel error” が DP OS No.2 から発生した	
3	DP OS No.2 の警報音を消すことができなかった	
4	DP OS No.2 で操船しようとした	
5	DP 警報 (DP OS No.2) を解決することができなかった	
6	DP OS No.1 に切り替えたとき、エラーが発生した	
7	混乱状態になったため、誤って” take “ボタンと思い込み、” standby” ボタンを押した	
8	DP 警報 (黄色) が発生した	
9	船橋以外の DP OS (冗長性) で操船した	
10	DP 警報を解決した	潜水作業が再開した
11	船橋の DP OS で操船した	
12	DPS に異常はなかった	

修正した 9 種類の CPC 評価

		良い(+1 以上)	標準(0)	悪い(-1 以下)
CPC1	FMEA の適合性 & 組織の安全管理システム	Improved	Not signification	Reduced
CPC2	DP 当直	Improved	Not signification	Reduced
CPC3	PRS の適合性	Not signification	Not signification	Reduced
CPC4	操船計画又は操船手順の適合性	Improved	Not signification	Reduced
CPC5	LOP を防ぐための設定及び位置保持の設定	Improved	Not signification	Reduced
CPC6	警報又は作業中における十分な時間	Improved	Not signification	Reduced
CPC7	時間帯	Not signification	Not signification	Reduced
CPC8	DPO の能力	Improved	Not signification	Reduced
CPC9	コミュニケーションと情報共有	Improved	Not signification	Reduced

参考文献

第1章

- 1) 石橋篤、内野明子、特集＜海事シミュレータの活用事例＞ヒューマンファクターに基づく海難事故分析手法について、日本航海学会誌 NAVIGATION , 183(0), 42-51, 2012
- 2) 竹本孝弘, 三友信夫, 疋田賢次郎, 吉村健志, ヒューマンファクターに基づいた海難要因分析に関する研究～海難分析に特化したCPCの修正～, 航海学会第126回講演会 127号, 95-101, 2012
- 3) 吉村健志, 疋田賢次郎, 三友信夫, 竹本孝弘, ヒューマンファクターに基づいた海難要因分析に関する研究～操船シミュレータによる検証実験～, 航海学会第126回講演会 127号, 103-109, 2012
- 4) IMCA, Dynamic Positioning Station Keeping Review Incidents and events reported for 2000～2018
- 5) Chon-Ju Chae, A Study on Human Error of DP Vessels LOP Incidents Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety 21(5), 515-523, October 31, 2015
- 6) Hollnagel E. Cognitive Reliability and Error Analysis Method - CREAM. Elsevier Science, Oxford, 234-261, 1998

第2章

- 7) Kim Jang soo, Junsu Lee Offshore Drilling and Dynamic positioning Handbook .452, 2018
- 8) 中濱滉, 國枝佳明, 逸見真, 竹本孝弘, 海難防止のためのノンテクニカルスキルの適用に関する研究, 日本航海学会論文集, 4-8, 2018
- 9) 井上欣三, 海の安全管理学～操船リスクアナリシス・予防安全の科学的技法～, 54, 2009
- 10) F.H. ホーキンス黒田勲監修, 石川好美監訳, ヒューマンファクター～航空分野を中心として～, 成山堂書店, 1-12, 2013年
- 11) 黒田勲, ヒューマンファクターを探る-災害ゼロへの道を求めて-, 中央労働災害防止協会, 16-18, 1994
- 12) 黒田勲, 信じられないミスはなぜ起こる-ヒューマンファクターの分析-, 中央労働災害防止協会, 17-19, 2001
- 13) Swain, A. D. & Guttman, H. E. Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Application, U.S. NRC-NUREG/CR-1278, April, 1980
- 14) 井上鉦一, 高見勲, ヒューマンエラーとその定量化, システムと制御, Vol. 32, No. 3, 152～159, 1988
- 15) 小松原明哲著, 安全人間工学の理論と技術 ヒューマンエラーの防止と現場力の向上, 丸善出版, 246-278, 2016年
- 16) 福岡幸二, スイスチーズモデルを発展させた船舶事故のモデル化と体系的事故防止策の提言, 3, 2016年
- 17) Human Factor Analysis and Classification (HFACS)
https://www.skybrary.aero/images/7/7c/HFACS_Org_Inf.jpg (参照日 2019年11月12日)
- 18) 吉田至孝, 大谷昌徳, 藤田祐孝, 認知的分析モデルを用いたアクシデントマネジメントの意思決定過誤率の定量化, 日本原子力学会和文論文誌 2(2), 99-114, 183-204, 2003

- 19) 国土交省海事局, 交通政策審議会海事分科会台9 基本政策部会, 内航海運を取り巻く現状及びこれまでの取り組み, 第5 資料, <http://www.mlit.go.jp> (参照日 2020 年 1 月 25 日)

第3章

- 20) David Bray FNI: DP operator' s Handbook, 55-60, 2015
- 21) DPS に作用する外力及び船の動き
<http://www.dpmarine.dk/cms-assets/dynamic-positioning.jpg> (参照日 2019 年 3 月 8 日)
- 22) ROV 支援船
<https://www.oceannews.com/images/webnews/2018/may/week5-7-18/1-Sapphire.jpg>
(参照日 2019 年 5 月 9 日)
- 23) ケーブル船
<https://www.molmc.co.jp/cablesip/index.html> (2019 年 5 月 12 日)
- 24) 掘削船
<https://photos.marinetraffic.com/ais/showphoto.aspx?photoid=1627465&size=>
(参照日 2019 年 6 月 11 日)
- 25) 内閣府宇宙戦略室, 海外主要国の宇宙政策及び宇宙開発利用の動向
<https://www.cao.go.jp/space/committee/tyusa-dail/siryou4.pdf>
(参照日 2020 年 1 月 23 日)
- 26) GPS と GLONASS
https://www.furuno.co.jp/Portals/0/images/news/general/img/img02_20130329_001.jp
(参照日 2019 年 7 月 11 日)
- 27) HPR
http://www.praxis-automation.nl/uploads/default_site/images/DP/10-hpr-web.png
(参照日 2019 年 8 月 12 日)
- 28) Transponder
http://www.praxis-automation.nl/uploads/default_site/images/DP/usbl.png
(参照日 2019 年 8 月 11 日)
- 29) Taut wire
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/dc/Light_Taut_Wire.JPG/220px-Light_Taut_Wire.JPG(参照日 2019 年 8 月 12 日)
- 30) Artemis
<https://training.asmolobhoy.com/images/box-prs-1.jpg>(参照日 2019 年 9 月 11 日)
- 31) Cyscan
https://www.guidance.eu.com/assets/_managed/cms/images/Marine/Cyscan%204%20unit.jpg(参照日 2019 年 9 月 11 日)
- 32) Spot Track
<https://images.marinelink.com/images/maritime/w400/spottrack-device-image-credit-kongsberg-18915.jpg>(参照日 2019 年 9 月 11 日)
- 33) Fanbeam

<https://www.renishaw.jp/media/img/gen/6f279663fffc49dd914320af2c1b2d0d.jpg>

(参照日 2019 年 9 月 11 日)

34) RADIUS

3kbo302xo3lg2i1rj8450xje.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2010/11/radius-250x160.jpg(参照日 2019 年 9 月 11 日)

35) MRU

<http://www.nipponkaiyo.co.jp/files/data/product/142%20mru%20H%20transparent.png>
(参照日 2019 年 9 月 11 日)

36) wind sensor

<https://0.rc.xiniu.com/g2/M00/FC/92/CgAGfFv4KmGAT1UIAAFZ4T5KctM333.png>
(参照日 2019 年 9 月 11 日)

37) tandem

<https://www.offshore.engineering.com/images/Courses/DynamicPositioning/shuttle-tanker-offloading-FPSO-tandem-connection.JPG> (参照日 2019 年 9 月 11 日)

38) 国土交通省, 用語解説ページ, www.mlit.go.jp/yougo/j-r.html

(参照日 2019 年 7 月 10)

第 4 章

39) 三友信夫, 西崎ちひろ, 吉村健志, 疋田賢次郎, 竹本孝弘 海難要因分析に特化した CREAM の開発, 電子情報通信学会, 5-8, 2013

40) 伊藤博子, 南真紀子, 山本聖子, 牧野真人: コンテナ船衝突事故に係る認知行動分析, 日本航海学会論文集, 95-101, 2019

41) 竹本孝弘, 吉村健志, 三友信夫, 西崎ちひろ, CPC を用いた海難衝突の数値化, 人間工学 50 (Supplement) , 26-27, 2014

42) A.Maniram Kumar, S.Rajakaran and V.Arumuga Prabu: Human Reliability Analysis by Cognitive Approach for Unloading Process in an ALDS(Auto LPG Dispensing Station), Indian Journal of Science and Technology, 1-11, 2015 年

43) Fabio De Felice, Antonella Petrillo, Armando Carlomusto, Ugo Romano: Modelling application for cognitive reliability and error analysis method, International Journal of Engineering and Technology, 4450-4464, 2013

謝辞

本研究を遂行するにあたり、東京海洋大学海洋工学部海事システム工学科、竹本孝弘教授、海技教育機構海技大学校 齊藤先生をはじめ、ご協力いただいた皆様に、心より深く感謝申し上げます。

付録

付録1 FMEA の適合性&組織の安全管理システムの例

細項目		CPC (+1 以上)	0	CPC (-1 以下)
		良い	標準	悪い
1	FMEA (故障モード影響解析)は適切であるか			✓
2	マニュアルの更新が行われているか		✓	
3	現在のマニュアルは適切であるか			✓
4	DPS (航海計器)のテストは実行されたか		✓	
5	会社のマニュアルは適切であるか			✓
6	DPO のログブックは適切に記載されているか		✓	
7	WSOG (ガイドライン)でのリスク分析は行われたか		✓	
8	会社は国際ルールに遵守しているか		✓	
9	会社は安全対策をしているか			✓

付録2 DP 当直状況の例

細項目			CPC (+1 以上)	0	CPC (-1 以下)
			良い	標準	悪い
1	船橋	船橋の当直環境は良いか	✓		
2	DPO	コミュニケーション不足		✓	
3		自身損失		✓	
4		過信		✓	
5		チームワーク不足			✓
6		システムの理解			✓
7		責任	✓		
8		意見の対立	✓		
9		経験不足		✓	
10	DPO 以外の エンジニア	傲慢		✓	
11		自信損失		✓	
12		過信		✓	
13		コミュニケーション不足		✓	
14		管理能力の欠落		✓	

付録3 PRS の適合性の例

細項目		CPC (+1 以上)	0	CPC (-1 以下)
		良い	標準	悪い
1	PRS の数は適切であるか		✓	
2	PRS は適切に更新しているか		✓	
3	PRS は適切に使用しているか			✓
4	作業前に PRS のテストを完了しているか			✓
5	PRS のエラーを確認したか		✓	
6	PRS の設置場所は適切か		✓	
7	PRS の感度は調整したか		✓	
8	PRS の冗長性は確保されているか	✓		

付録4 操船計画又は操船手順の適合性の例

細項目		CPC (+1 以上)	0	CPC (-1 以下)
		良い	標準	悪い
1	計画した位置又は方位が適切であるか	✓		
2	計画した手順で行われているか			✓
3	計画した DPS の数及び状態が適切であるか			✓
4	天候状況は適宜、確認しているか			✓
5	へりの使用等緊急の計画が行われているか			✓
6	リスク分析の詳細はされているか			✓
7	手順又は計画が理解されているか		✓	
8	操船計画通りに進んでいるか			✓
9	DPO は、DPS に頼りすぎていないか			✓

付録5 Loss of position (LOP)を防ぐための設定及び位置保持の設定の例

細項目		CPC (+1 以上)	0	CPC (-1 以下)
		良い	標準	悪い
1	操船中、位置を保持しているか			✓
2	方位設定は適切であるか		✓	
3	位置保持のためのシステムテストを行ったか			✓
4	目的地から離れたとき、警報の設定を行ったか		✓	
5	WSOGのような緊急レベルの警報設定を行ったか			✓
6	悪天候のための位置制御を行ったか			✓
7	DP foot print 等を使用したか。		✓	
8	発電機の負荷のため、位置保持を行ったか			✓
9	Thruster 負荷のため、位置保持を行ったか			✓

資料6 警報又は作業中における十分な時間の例

細項目		CPC (+1 以上)	0	CPC (-1 以下)
		良い	標準	悪い
1	警報中、十分な時間はあったか	✓		
2	DPS と他の計器を確認する時間があったか		✓	
3	他の作業の問題はあったか	✓		
4	チェックシートをする時間があったか		✓	
5	ブリーフィングをする時間があったか		✓	
6	デブリーフィングをする時間があったか		✓	
7	DPO は、適切な引継ぎを行う時間があったか		✓	
8	DPO は、十分な睡眠はあったか		✓	
9	DPO は、適切な訓練をした SDPO と作業する時間があったか			✓

付録 7 時間帯の例

細項目		CPC (+1 以上)	0	CPC (-1 以下)
		視程		
		良い	標準	悪い
1	日出	✓		
2	昼間			
3	日没			

付録 8 DPO の能力の例

細項目		CPC (+1 以上)	0	CPC (-1 以下)
		良い	標準	悪い
1	DPO が誤ってボタンを押したか	✓		
2	操船中の居眠りはないか	✓		
3	DPO が DPS の操船を熟慮しているか			✓
4	DPO が誤った認識をしていなかったか			✓
5	火災装置等の危険物の取扱いを確認しているか	✓		
6	DPO は適切な引継ぎを行っているか		✓	
7	会社のマニュアル又は国際ルールに従っているか		✓	
8	DPO は定期的に他の機器を確認しているか		✓	
9	DPO は緊急の対策を実行できたか			✓

付録 9 コミュニケーションと情報共有の例

細項目		CPC (+1 以上)	0	CPC (-1 以下)
		良	標準	悪
1	DPO と SDPO のコミュニケーション(情報共有)をしているか			✓
2	DPO とエンジニアのコミュニケーション(情報共有)をしているか			✓
3	DPO と OIM 又は船長のコミュニケーション(情報共有)をしているか		✓	

付録 10 DP footprint の一例

Appendix 5

DP Footprint Plot

FWD
0

330 30

300 60

270 90

240 120

210 150

180
AFT

Date: _____

Time: _____

Location: _____

DPO(s): _____

Concentric Scale:
One Division = _____ metres

ENVIRONMENT

Wind Dir ⁿ	
Wind Speed	
Wave Period	
Wave H ^t	
Current Dir ⁿ	
Current Speed	

Port Prop Stbd Prop

POSⁿ REFERENCES

DGPS 1	
DGPS 2	
Fanbeam	
CyScan	
Other	

COMMENTS

NB Draw wind and current vectors on the plot

付録 11 DP 船のチェックシートの一例

DP ARRIVAL CHECKLIST

VESSEL					
Date/Time:		Position/Field:		Heading:	
Wind:		Wave height (Sign./max):	/	Depth/Current dir & Speed:	/

OS/PROCESSOR STATION	Yes	No	N/A	Comments:
OS 1-2-3 Restarted (Reboot with OS Restart) <input type="checkbox"/> Restart Date				To be reset before each job.
Reset Controller PS A <input type="checkbox"/> & B <input type="checkbox"/> Restart Date				
OS 1, OS 2 & OS 3 running				
UPS checked and On Line				

THRUSTERS/POWER MANAGEMENT	Yes	No	N/A	Comments:
Thruster 1 - feed from SWBD <input type="checkbox"/> PS <input type="checkbox"/> SB				
Thruster 2 - feed from SWBD <input type="checkbox"/> PS <input type="checkbox"/> SB				
Retractable 3 - feed from SWBD <input type="checkbox"/> PS <input type="checkbox"/> SB				Max speed 4 knots to lower
Thruster 4 - feed from SWBD <input type="checkbox"/> PS <input type="checkbox"/> SB				
Thruster 5 - feed from SWBD <input type="checkbox"/> PS <input type="checkbox"/> SB				
Main Port / Propeller 6 - feed from SWBD <input type="checkbox"/> PS <input type="checkbox"/> SB				
Main Stb / Propeller 7 - feed from SWBD <input type="checkbox"/> PS <input type="checkbox"/> SB				
Rudder (s) checked out & operational <input type="checkbox"/> PS <input type="checkbox"/> SB				
Engine / Generator (s) Running				Available: KW
ME 1 <input type="checkbox"/> - AE 1 <input type="checkbox"/> - AE 2 <input type="checkbox"/> - ME 2 <input type="checkbox"/>				Consume.: KW
Shaft Generator running #1 <input type="checkbox"/> #2 <input type="checkbox"/>				Available: KW
				Consume.: KW
Aux Generator running #1 <input type="checkbox"/> #2 <input type="checkbox"/>				Available: KW
				Consume.: KW
Main Switchboard <input type="checkbox"/> Open or <input type="checkbox"/> Closed				
ECR list filled in				

OS OPERATOR STATION	Yes	No	N/A	Comments:
Joystick test in OS 1, OS 2 and OS 3				
Vessel in Autopos mode				
Which controller is master <input type="checkbox"/> A Controller <input type="checkbox"/> B Controller				
Power and load displayed				
Switch over command between OS 1, OS 2 and OS 3				
Required DP class selected				Class: 1 <input type="checkbox"/> or 2 <input type="checkbox"/>
Lamp-test completed on <input type="checkbox"/> OS1 <input type="checkbox"/> OS2 <input type="checkbox"/> OS3				
Year, date and time correctly set				
Joystick set up Full <input type="checkbox"/> Reduced <input type="checkbox"/>				Gain: Low <input type="checkbox"/> General <input type="checkbox"/> High <input type="checkbox"/>
DP Controller gain				Low <input type="checkbox"/> Medium <input type="checkbox"/> High <input type="checkbox"/>
Rotation point selected in Auto mode				Rot. Point:
Alarm limits for position and heading				Pos. <input type="checkbox"/> M Hdg <input type="checkbox"/> deg. Cross <input type="checkbox"/> M
Vessel speed checked and correctly set				Speed: m/s